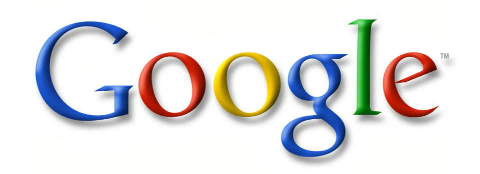








DR. NEUMAYER'S

ANLEITUNG ZU WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN. ZWEITE AUFLAGE.

BAND I:

GEOGRAPHISCHE ORTSBESTIMMUNG, TOPOGRAPHISCHE AUFNAHMEN, GEOLOGIE, ERDMAGNETISMUS, METEOROLOGIE, ASTRONOMIE, HYDROGRAPHIE, WELTVERKEHR

U. S. W.

(MIT ZWEI LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.)

BERLIN,
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1888.

ANLEITUNG

ZU

WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN

IN

EINZEL-ABHANDLUNGEN

VERFASST VON

P. ASCHERSON, A. BASTIAN, C. BÖRGEN, H. BOLAU, O. DRUDE, G. FRITSCH, A. GÄRTNER, A. GERSTÄCKER, A. GÜNTHER, J. HANN, G. HARTLAUB, R. HARTMANN, P. HOFFMANN, W. JORDAN, O. KRÜMMEL, M. LINDEMAN, RITTER VON LORENZ-LIBURNAU, VON MARTENS, A. MEITZEN, K. MÖBIUS, G. NEUMAYER, A. ORTH, F. VON RICHTHOFEN, H. SCHUBERT, G. SCHWEINFURTH, H. STEINTHAL, F. TIETJEN, R. VIRCHOW, E. WEISS, H. WILD, L. WITTMACK

UND

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. G. NEUMAYER,

DIREKTOR DER DEUTSCHEN SEEWARTE.

ZWEITE VÖLLIG UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE IN ZWEI BÄNDEN.

MIT ZAHLREICHEN HOLZSCHNITTEN UND ZWEI LITHOGR. TAFELN.

BAND I.

BERLIN,
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1888.




Nil extimescere.
1869.

Vorwort zur ersten Auflage.

Als im März verflossenen Jahres eine Anzahl wissenschaftlicher Männer in Berlin zusammentrat, um zu berathen, wie die Herausgabe eines Werkes ermöglicht würde, dessen Bestimmung es sein sollte, den zahlreichen Reisenden und in fernen Ländern lebenden Angehörigen deutscher Nation eine einfache Anleitung zur Betheiligung an wissenschaftlichen Arbeiten auf den verschiedenen Gebieten der Naturforschung zu ertheilen, verhehlte man sich keineswegs, dass die Lösung dieser Aufgabe grosse Schwierigkeiten darbiete. Einerseits musste der wissenschaftliche Charakter des Werkes stets gewahrt bleiben, anderseits war Bedacht darauf zu nehmen, dass auch der nicht fachmännisch Ausgebildete daraus werthvolle Winke zu erhalten vermöchte, welche ihn befähigten, jede dargebotene Gelegenheit für die Beobachtung eines Phänomenes oder für eine wissenschaftliche Erhebung in einer solchen Weise auszunützen, dass die Resultate von wirklichem Werthe wären. In dieser, wie in so mancher anderen Hinsicht war zwar ein Vorbild für unsere „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“ in dem englischen „Manual of scientific enquiry“ vorhanden, welches nicht allein in britischen Kreisen, sondern auch bei deutschen Seeleuten und Reisenden grossen Anklang gefunden hat. Es erschien jedoch wünschenswerth, dass mit Rücksicht auf Zahl, Behandlung und Umfang der einzelnen darin aufzunehmenden Arbeiten den deutschen Verhältnissen und namentlich unserer einschlägigen Literatur





DR. NEUMAYER'S

ANLEITUNG ZU WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN. ZWEITE AUFLAGE.

BAND I:

GEOGRAPHISCHE ORTSBESTIMMUNG, TOPOGRAPHISCHE AUFNAHMEN, GEOLOGIE, ERDMAGNETISMUS, METEOROLOGIE, ASTRONOMIE, HYDROGRAPHIE, WELTVERKEHR

U. S. W.

(MIT ZWEI LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.)

BERLIN,
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1888.

ANLEITUNG

ZU

WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN

IN

EINZEL-ABHANDLUNGEN

VERFASST VON

P. ASCHERSON, A. BASTIAN, C. BÖRGEN, H. BOLAU, O. DRUDE, G. FRITSCH, A. GÄRTNER, A. GERSTÄCKER, A. GÜNTHER, J. HANN, G. HARTLAUB, R. HARTMANN, P. HOFFMANN, W. JORDAN, O. KRÜMMEL, M. LINDEMAN, RITTER VON LORENZ-LIBURNAU, VON MARTENS, A. MEITZEN, K. MÖBIUS, G. NEUMAYER, A. ORTH, F. VON RICHTHOFEN, H. SCHUBERT, G. SCHWEINFURTH, H. STEINTHAL, F. TIETJEN, R. VIRCHOW, E. WEISS, H. WILD, L. WITTMACK

UND

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. G. NEUMAYER,
DIREKTOR DER DEUTSCHEN SEEWARTE.

ZWEITE VÖLLIG UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE
IN ZWEI BÄNDEN.

MIT ZAHLREICHEN HOLZSCHNITTEN UND ZWEI LITHOGR. TAFELN.

BAND I.

BERLIN,
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1888.


1869.

Vorwort zur ersten Auflage.

Als im März verflossenen Jahres eine Anzahl wissenschaftlicher Männer in Berlin zusammentrat, um zu berathen, wie die Herausgabe eines Werkes ermöglicht würde, dessen Bestimmung es sein sollte, den zahlreichen Reisenden und in fernen Ländern lebenden Angehörigen deutscher Nation eine einfache Anleitung zur Betheiligung an wissenschaftlichen Arbeiten auf den verschiedenen Gebieten der Naturforschung zu ertheilen, verhehlte man sich keineswegs, dass die Lösung dieser Aufgabe grosse Schwierigkeiten darbiete. Einerseits musste der wissenschaftliche Charakter des Werkes stets gewahrt bleiben, anderseits war Bedacht darauf zu nehmen, dass auch der nicht fachmännisch Ausgebildete daraus werthvolle Winke zu erhalten vermöchte, welche ihn befähigten, jede dargebotene Gelegenheit für die Beobachtung eines Phänomenes oder für eine wissenschaftliche Erhebung in einer solchen Weise auszunützen, dass die Resultate von wirklichem Werthe wären. In dieser, wie in so mancher anderen Hinsicht war zwar ein Vorbild für unsere „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“ in dem englischen „Manual of scientific enquiry“ vorhanden, welches nicht allein in britischen Kreisen, sondern auch bei deutschen Seeleuten und Reisenden grossen Anklang gefunden hat. Es erschien jedoch wünschenswerth, dass mit Rücksicht auf Zahl, Behandlung und Umfang der einzelnen darin aufzunehmenden Arbeiten den deutschen Verhältnissen und namentlich unserer einschlägigen Literatur

Rechnung getragen werde, und so geschah es, dass manche Zweige der Forschung Berücksichtigung fanden, welche in dem englischen Werke fehlten, während wieder andere in dem deutschen Werke keine Stelle fanden, die dort berücksichtigt waren. Mit welchem Erfolge diese Sichtung der Materie durchgeführt wurde, wird die Zukunft lehren; einstweilen glauben wir, dass das deutsche Werk verglichen mit dem englischen Vorbilde wohl manche Mängel, aber auch manche Vorzüge aufweisen wird. Wir sind uns bewusst, dass es nur allmählich und mit Hülfe derjenigen, welche es benützen, gelingen wird, die unleugbaren Wohlthaten, die ein solches Hülfsbuch der Wissenschaft und den Arbeitenden selbst zu bieten vermag, in immer vollerem Maasse zu verwirklichen.

Unser Buch dürfte gerade jetzt unter günstigen Umständen in die Oeffentlichkeit treten. Die ganze Richtung unserer Zeit, insbesondere die zahlreichen, von Deutschlands und Oesterreich-Ungarns Akademien und geographischen Gesellschaften in's Leben gerufenen Forschungsreisen, unter denen wir nur die wissenschaftlichen Unternehmungen im äquatorialen Afrika und die nun auf's Neue in Angriff genommene Lösung der geographischen Probleme innerhalb der Polarzonen namhaft machen wollen, rechtfertigen diese Annahme. Allein, was uns vor Allem in der Hoffnung ermuthigt, dass unserer „Anleitung“ eine günstige Aufnahme und ein Erfolg zu Theil werde, ist der Umstand, dass in derselben den wissenschaftlichen Arbeiten der Marine soweit irgend möglich Rechnung getragen wurde, und dass sowohl in Deutschland, wie in Oesterreich-Ungarn nach dieser Richtung eine rege Thätigkeit herrscht. Wir erwarten daher mit einiger Zuversicht, dass der vaterländische Sinn, gepaart mit dem lebhaften Wunsche nach Kräften zur Förderung der Naturforschung auf allen Gebieten beizutragen, welche

in erster Linie in den Mitarbeitern den Entschluss zur Herausgabe dieser systematischen Anleitung reiften, seinen Lohn darin finden wird, dass es den Expeditionen, den Reisenden und solchen, die in fernen noch wenig erforschten Ländern leben, gelingen wird, an der Hand derselben nützliche Beiträge für die Entwickelung menschlicher Erkenntniss zu liefern.

Ursprünglich war es beabsichtigt, die Herausgabe so zu beschleunigen, dass die Anleitung vor dem Abgange der Expeditionen zur Beobachtung des Vorüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe erscheinen könnte. Leider ist es indessen trotz des grössten Eifers der meisten Mitarbeiter nicht gelungen, das Ganze rechtzeitig für die volle Benützung bei den gedachten Unternehmungen fertig zu stellen, indem es bei der Durchführung des Planes, ausser den schon berührten noch andere, hier nicht näher zu erörternde Schwierigkeiten zu beseitigen galt.

Schliesslich müssen wir mit besonderem Danke die geistige und materielle Förderung hervorheben, welche unser Unternehmen von Seiten der kaiserlichen Admiralität erfahren hat.

Berlin, den 9. December 1874.

Vorwort zur zweiten Auflage.

In den 14 Jahren, die demnächst seit dem Erscheinen der ersten Auflage der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“ vergangen sein werden, hat dieses Werk die Reise über die Erde gemacht und ist überall da zu finden, wo man sich für die Erforschung der Erdoberfläche und die Beobachtung von Naturerscheinungen interessirt. Seit Ende 1874, der Zeit des Erscheinens der ersten Auflage, hat geographische und naturwissenschaftliche Forschung einen nicht unwesentlichen Wandel erfahren. Die im Vorworte zur ersten Auflage als in ihrer Lösung begriffen bezeichneten Probleme sind zum grossen Theile in erfreulicher Weise gefördert worden. Wir erinnern nur an die Entwickelung geographischer Kenntnisse — vor Allem des Innern von Afrika und Central-Asiens — die wissenschaftlichen Expeditionen der Forschungsschiffe „Challenger“ und „Gazelle“ und an den damit eng verknüpften Fortschritt der Tiefsee-Forschungen, an die grossartigen Unternehmungen innerhalb der Nordpolar-Region, an die Reise der „Vega“ und die Internationale Polarforschung. Im Gefolge einer jeden Einzelnen dieser Unternehmungen entwickelte sich die Natur-Erkenntniss auf allen Gebieten und nahezu aller Regionen der Erdoberfläche in staunenerregender Weise. Selbst die Gegenden höherer südlicher Breiten wurden gestreift und wissenschaftliche Erhebungen von dorther beschafft, die zum mindesten einige Schlüsse über die Natur der antarktischen Region zulassen, wenn auch das grosse Problem

nach wie vor ungelöst, ja nicht einmal in der Lösung berührt erscheint.

Dass der gewaltige Fortschritt der letzten anderthalb Decennien, von welchen wir soeben gesprochen haben, nicht ohne Einfluss auf die Neugestaltung des vorliegenden Werkes bleiben durfte, liegt auf der Hand; allein es war eine von mancherlei Schwierigkeiten umgebene Aufgabe, diesem Einflusse eine bestimmte Gestaltung und Richtung gegeben, der Erweiterung des Horizontes der Forschungsziele in zeitgemässer Weise Rechnung getragen zu sehen. Dem selbstlosen und eifrigen Zusammenwirken sämmtlicher Mitarbeiter an der zweiten Auflage ist es zu danken, dass wir es mit einiger Zuversicht auszusprechen wagen, es sei diese Aufgabe in einer Weise gelöst worden, die es ermöglicht, dass das Werk auch weiterhin seinem Zwecke erfolgreich wird dienen können.

Wenn das erste Erscheinen des Werkes in mehr oder minder unmittelbarem Zusammenhange mit einem astronomischen Ereignisse, dessen Beobachtung es zu ermöglichen galt, und das einen mehr idealen Charakter hatte, gebracht werden konnte, so ist die zweite Auflage, sowohl hinsichtlich des Zeitpunktes des Erscheinens, als auch hinsichtlich der Umarbeitung, welche das Werk erfahren, mehr von praktischen Erwägungen eingegeben worden. Es bezieht sich das Gesagte im Gegensatze zu der Beobachtung des Vorüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe im Jahre 1874, welchem Ereignisse die „Anleitung“ sogar einen besonderen Abschnitt widmete, auf die Colonisations - Bestrebungen Deutschlands in unseren Tagen und die zweite Auflage des Werkes zu denselben.

Bei der Umarbeituug war denn auch diesen Gesichtspunkten insofern Rechnung zu tragen, als nun auf einzelne Gebiete, von besonderer praktischer Tragweite ein grösserer

Nachdruck gelegt wurde, als ehedem. Es findet dies im Besonderen seine Anwendung mit Bezug auf jene Theile, die zur Aufnahme eines Ländergebietes und zur Feststellung seiner natürlichen Hülfsquellen zu dienen haben; so wurde namentlich durch einen vom Herrn Professor Jordan bearbeiteten, grösseren Abschnitt über Aufnahmen dafür Sorge getragen, dass die „Anleitung" zu einer gründlicheren Vermessung und Niederlegung eines Gebietes, als es in dem betreffenden Abschnitte der ersten Auflage zweckmässig erschien, benutzt werden kann. Auch den nautischen Vermessungen, über welche in dem früheren, von dem Herausgeber verfassten Aufsatze über Hydrographie nur soviel gegeben wurde, als zur flüchtigen Niederlegung eines Küstenstriches erforderlich war, wurde eine besondere Sorgfalt zugewendet. Wichtig erschien es auch bei der Bedeutung, welche das richtige Auffassen des Charakters und die Möglichkeit der Schiffbarkeit ungeregelter und zu erforschender Wasserläufe für die Beurtheilung des Werthes eines Ländercomplexes haben muss, durch Darlegung sowohl der Gesetze der Verschiebung der Sandbänke und Verlagerung der Sinkstoffe, als auch der Umformung der Flussufer das Verständniss für jene correcte Auffassung und die Erforschung von Flüssen vorzubereiten und überhaupt zu ermöglichen. Der Aufsatz über Beurtheilung des Fahrwassers in ungeregelten Flüssen von Herrn Dr. Ritter von Lorenz-Liburnau ist bestimmt, diesem Zwecke zu dienen.

Die Kenntniss der Grundzüge und Hauptstrassen des Verkehrs auf dem Erdball, sowie die Ausdehnung desselben im Einzelnen in den verschiedenen Erdtheilen ist dem Reisenden unserer Tage ganz unentbehrlich. Es gilt dies sowohl in Bezug auf die Ausführung bestimmter Reisen, als besonders auch hinsichtlich der Zweckmässigkeit, um nicht zu sagen der Nothwendigkeit, sich jederzeit in der

Lage zu fühlen, gute Erhebungen über den Weltverkehr selbst anzustellen. Zum Nutzen der Weiterentwickelung desselben sind die erhobenen Thatsachen an die Centren des Verkehrswesens mitzutheilen, was wiederum bewirken muss, dass alle Veränderungen und Erweiterungen in einem gewissen Zusammenhange in's Werk gesetzt werden können. Herr Dr. Lindeman hat sich der nicht leichten Aufgabe unterzogen, die betreffende Anleitung zu verfassen. Die dadurch dem Werke zu Theil gewordene Erweiterung wird gewiss von Allen, die sich für die in demselben vertretenen Gesichtspunkte interessiren, freudig begrüsst werden.

Es ist wohl kaum erforderlich, darauf hinzuweisen, dass die einzelnen Forschungsdisciplinen nach Maassgabe der unterdessen in denselben vorgegangenen Weiterentwickelung in der Behandlung eine umfassende und eingehende Umformung erfahren mussten; in der That haben manche derselben, die in der früheren Auflage gleichsam nur nebenbei berührt worden sind, besondere Abhandlungen zugetheilt erhalten, wie dies beispielsweise in Hinsicht auf Oceanographie im ersten und auf Walthiere im zweiten Bande der Fall ist.

Andererseits war es möglich und sogar rathsam, einige Disciplinen aus der zweiten Auflage verschwinden zu lassen, wie dies z. B. im Hinblick auf den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft mit der Erdbebenkunde geschehen ist. Die seismologische Forschung ist heut zu Tage zu einer selbstständigen, durch grosse instrumentelle Hülfsmittel, die dem Reisenden nicht zu Gebote stehen können, unterstützten Forschungsdisciplin erhoben worden, daher es denn zweckmässig erschien, den Reisenden nicht allzusehr mit einer Specialforschung auf diesem Gebiete zu belasten. Das Erforderliche, um gelegentlich und ohne besondere Apparate Beobachtungen über Erderschütterungen anstellen zu können, war füglich mit dem Abschnitte über Geologie zu verbinden.

Dem Studium von Specialwerken über den Gegenstand musste es vorbehalten bleiben, über theoretische und hypothetische Auffassung der Erschütterungs-Erscheinungen den wünschenswerthen Grad der Belehrung zu gewähren.

Es erübrigt noch hervorzuheben, dass die Mitarbeiter an der zweiten Auflage des Werkes dieselben sind, welche sich bei der ersten Auflage betheiligten, so weit sie zur Theilnahme geneigt waren oder sich noch am Leben befinden. Für die unterdessen eingetretenen Lücken, oder für die Bearbeitung neuer Abschnitte, wurden Kräfte von Erfahrung und wissenschaftlicher Autorität gewonnen.

Das Trennen des Werkes in zwei — dem Charakter des Inhaltes nach — verschiedene Theile bietet für die Reisenden im Allgemeinen und vielen anderen Interessenten im Besonderen Vortheile, die auch ohne in's Einzelne gehende Darlegung zur Empfehlung der neuen Auflage dienen werden. Dasselbe gilt von der Wahl eines kleineren Formates, als jenes der ersten Auflage, das aus Gründen, deren Darlegung heute keinen Zweck mehr haben könnte, gewählt worden war.

So mag denn in dieser umgearbeiteten und erweiterten Auflage die Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen ihren zweiten Rundgang über die Erde im Interesse naturwissenschaftlicher Forschung antreten! Damit dies aber voll und ganz der Fall sein möge, wird auch der Reisende zu wissenschaftlichen Zwecken sich für seine Aufgabe gründlich vorzubereiten haben. Die Lehren der „Anleitung“ können nur alsdann dem möglichen Umfange nach Wurzel fassen und Früchte tragen, wenn — sei es durch eigenes, oder unter competenter Leitung durchgeführtes Studium — der Boden entsprechend vorbereitet worden ist. Man darf zur Würdigung dieser aus den jüngsten Expeditionen und deren Ergebnissen geschöpften Maximen nicht aus dem Auge verlieren, dass sich mit der Entwickelung

naturwissenschaftlicher Erkenntniss auch die Anforderungen an den Reisenden beträchtlich gehoben haben. Was vordem brauchbar und der Verwendung werth erschien, genügt möglicherweise heut zu Tage nicht mehr. Solche und ähnliche Erwägungen sollten den Forschungsreisenden anspornen, unter Einsetzung seiner ganzen Kraft an die Lösung der Aufgabe heranzutreten. Ist diese wesentliche Vorbedingung erfüllt, dann wird unsere „Anleitung" dem reisenden Forscher in Wahrheit ein treuer und in allen Fällen zuverlässiger Berather sein können.

Hamburg, im Frühjahre 1888.

Inhalt.

Geographische Ortsbestimmung.

Von

F. Tietjen.

Einleitung.

1) Jeder, der sich mit geographischer Ortsbestimmung beschäftigt, ist wohl hinreichend mit der mathematischen Geographie vertraut, um die hauptsächlichsten astronomischen Ausdrücke zu verstehen, die hier vorkommen. Ausserdem ist für ihn erforderlich, dass er stets Ephemeriden zur Hand habe, und wir schlagen das vom Reichsamt des Innern herausgegebene Nautische Jahrbuch als besonders für diesen Zweck geeignet vor; man findet in der Einleitung und in der Erklärung dieser Ephemeriden und der gegebenen Tafeln auch Alles, was zum Verständniss unseres Aufsatzes nothwendig ist. Aus diesen Gründen beschränken wir uns hier auf folgende einleitende Bemerkungen:

Die geographische Lage eines Ortes ist bestimmt durch seine Länge und Breite. Die Länge pflegt man ostwärts von einem bestimmten, dem ersten, Meridian aus bis 360° herumzuzählen, doch zählt man sie auch östlich und westlich von demselben an jeder Seite bis 180°. Die gebräuchlichsten Annahmen für den ersten Meridian oder den Anfangspunkt der Längenzählung sind: 1) der durch die Sternwarte zu Paris gelegte Meridian, 2) der durch einen Punkt in der Nähe der Insel Ferro gelegte Meridian, der genau 20° westlich von der Pariser Sternwarte liegt, 3) der durch die Sternwarte zu Greenwich bei London gelegte, der 2° 20′ 2″ westlich von der Pariser Sternwarte liegt. Letztere Zählungsweise ist für Seefahrer die allgemeinste geworden.

In Bezug auf Wochentag und Datum sei bemerkt, dass Seefahrer bei jedesmaligem Ueberschreiten 180° Greenwicher Länge einen Wochentag und ein Datum überschlagen, wenn sie von Osten nach Westen, und zwei Tage hinter einander denselben Wochentag und dasselbe Datum setzen, wenn sie von Westen nach Osten fahren. Bei den Völkern, die zwischen 100° und 190° Greenw. östl. Länge wohnen, und die den Gebrauch der Wochentage und des Datums der christlichen Rechnung eingeführt haben, hängt die Art und Weise dieser Zählung davon ab, ob ihnen dieselbe von Westen her, oder von Osten her überbracht wurde. Die Grenzlinie geht von Norden durch die Behringsstrasse und darauf zwischen Kamtschatka und den Aleutischen Inseln, östlich von Japan durch die Formosastrasse, Balabakstrasse, südlich von den Philippinen unmittelbar östlich von den Salomoninseln und Hebriden durch die Freundschaftsinseln, östlich von Chatham und wendet sich darauf direct nach Süden. Westlich von dieser Linie wird ein Tag mehr gezählt als östlich davon.

2) Da die Erde ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid ist, so bildet die Richtung der Lothlinie einen kleinen Winkel mit der Richtung des Radius oder der Richtung nach dem Erdmittelpunkt, so dass der Winkel, welchen erstere mit der Ebene des Aequators bildet, grösser ist als der Winkel, welchen der Radius mit dieser Ebene bildet. Ersterer Winkel heisst die geographische, letzterer die geocentrische Breite. Die geographische Breite ist gleich dem Winkel, welchen die Richtung nach dem Zenith, die Lothlinie, mit der Ebene des Aequators bildet oder auch: sie ist gleich der Polhöhe.

3) Da die Umdrehung der Erde gleichförmig und von Westen nach Osten erfolgt, so wird ein Stern dadurch nach und nach mit gleichförmiger Geschwindigkeit durch alle westlich gelegenen Meridiane geführt, so dass er nach 24 Stunden den ganzen Umkreis von 360° vollendet haben wird. Ist die Zeitdifferenz, in der er durch die Meridiane zweier Orte geht, h Stunden, so ist die Längendifferenz offenbar $\frac{h}{24} . 360^0$ und zwar wird er am frühesten durch den Meridian des östlich gelegenen Ortes gegangen sein. Dies gilt offenbar auch noch für jeden anderen Himmelskörper, der in Bezug auf die Sterne eine eigene Bewegung hat, wenn nur die Uhr, nach welcher die Zeit ge-

messen wird, einen solchen Gang besitzt, dass zwischen zwei aufeinander folgenden obern Culminationen dieses Gestirnes genau 24 Stunden verfliessen und ihr Gang in der Zwischenzeit nur genau der Bewegungsänderung des Gestirnes entspricht, so dass die Uhr z. B. stets um eine Stunde vorrückt, wenn der Stundenwinkel des Gestirns sich um 15^0 ändert.

Statt die Längendifferenz in Graden anzugeben, ist es meistens bequemer, sie in Zeit auszudrücken, so dass also einer Stunde 15^0, einer Zeitminute 15 Bogenminuten und einer Zeitsecunde 15 Bogensecunden entsprechen.

Uhren.

4) Um grössere Zeiträume in kleinere einzutheilen, bedient man sich entweder der Pendeluhren oder der Federuhren. Bei jenen ist das treibende Element die Schwerkraft, die bei jeder einzelnen Schwingung gleich wirkt, so dass die Zeitdauer einer Schwingung grösstentheils nur von der Länge des Pendels abhängig ist. Diese Länge ändert sich aber mit der Temperatur und zwar so, dass der tägliche Gang eines Secundenpendels für einen Grad Reaumur um nahe $0^s{,}4$ abweicht, wenn die Pendelstange aus Eisen, und um $0^s{,}8$, wenn sie aus Messing ist. Zur Beseitigung dieses Einflusses dient die Compensation.

Unter S t a n d einer Uhr (auch Uhrcorrection) versteht man die Anzahl Stunden, Minuten und Secunden, um welche die Uhrzeit von einer bestimmten Zeit abweicht. Man nimmt den Stand positiv, wenn die Uhr gegen diese Zeit zurück, und negativ, wenn sie gegen dieselbe voraus ist. Mit t ä g l i c h e m G a n g der Uhr bezeichnet man die Anzahl Secunden, um welche die Uhrzeit in 24 Stunden gegen eine bestimmte Zeit (mittlere Zeit oder Sternzeit) zurückbleibt oder voreilt. Im erstern Falle wird der tägliche Gang p o s i t i v, im letztern n e g a t i v genommen.

Für Reisezwecke sind nur Federuhren — Taschenuhren und Chronometer — anwendbar, da hier das in Verbindung mit der Feder als Regulator dienende kleine Rad — Unruhe, Balancier — bei jeder Lage der Uhr seine Schwingungen vollführen kann. Durch Reibung und Luftwiderstand geht bei jeder Schwingung Kraft verloren; diese muss auf geeignete Weise wieder ersetzt werden. Bei den Pendeluhren geschieht es meistens durch ein Gewicht, bei Taschenuhren und Chrono-

metern aber durch eine Feder, welche durch das Aufziehen gespannt wird. Da diese Spannung unmittelbar nach dem Aufziehen bedeutend stärker wirkt, als wenn die Uhr bald abgelaufen ist, so lässt man die Feder nicht direct auf die Räder wirken, sondern zunächst vermöge einer Kette auf die sogenannte Schnecke, welche dann erst die Bewegung der übrigen Theile hervorzubringen strebt. Durch das Aufziehen windet sich die Kette spiralförmig um die sich verjüngende Schnecke, so dass der Hebelarm, mittelst dessen die Schnecke auf das Getriebe wirkt, anfangs nach dem Aufziehen bedeutend kleiner ist, als längere Zeit nach demselben. Die Form der Schnecke muss nun so sein, dass dieser Hebelarm der Federspannung stets entspricht. Die Schnecke ist zuweilen auch wohl durch eine besondere Construction der Triebfeder oder durch eine besondere Einrichtung der Hemmung (Echappement) ersetzt.

Die zunehmende Wärme wirkt auf eine Federuhr in doppelter Weise: Erstens vergrössert sich die Unruhe und vermehrt dadurch die zu ihrer Bewegung erforderliche Kraft und zweitens vermindert sie die Spannkraft der Feder. Eine Temperaturänderung von 1^0 kann eine tägliche Gangänderung von 10 bis 20 Secunden hervorbringen. Eine Compensation lässt sich nur für eine Temperaturdifferenz von etwa 20^0 erreichen; oft erstreckt sie sich auf noch engere Grenzen. Ueber diese Grenzen hinaus nimmt der Einfluss der Temperatur auf den Gang sehr rasch zu; es ist daher unerlässlich, die Temperatur der Uhr stets innerhalb dieser Grenzen zu erhalten, die deshalb von vornherein, je nach der Bestimmung der Uhr, so eingerichtet werden müssen, dass ein Ueberschreiten nicht nothwendig wird. Um die Temperatur, in welcher sich die Uhr befindet, ermitteln zu können, bringe man in dem Kasten, der zur Aufbewahrung der Uhr dient, ein Thermometer an, dessen Angaben man täglich, besonders bei Temperaturwechsel, aufzeichnet. Vor raschem Temperaturwechsel suche man die Uhr möglichst zu schützen, indem man sie z. B. in kühlen Nächten mit schlechten Wärmeleitern, wie Kleider etc. umhüllt.

Ferner hat man noch Sorge zu tragen, dass die Uhr stets möglichst in derselben Lage bleibt, in der sie regulirt ist, weil für eine geänderte Lage ein veränderter Druck der Spirale und der Zapfen und hierdurch ein veränderter Gang eintreten würde. So sind die grösseren Chronometer (Box-

Chronom.) nur für die horizontale Lage corrigirt; durch geeignete Aufhängung ist dafür zu sorgen, dass sie stets in dieser Lage verharren. Bei der Regulirung von Taschenuhren und Taschenchronometern ist zwar in der Regel auf verschiedene Lagen Rücksicht genommen, will man aber einen gleichförmigen Gang erzielen, so ist es sehr rathsam, sie stets in derselben Lage zu lassen, sie z. B. nicht horizontal hinzulegen, wenn sie beim Tragen vertical in der Tasche hängen. Jede Erschütterung wirkt störend auf den Gang, ein rasches Drehen in der Ebene der schwingenden Unruhe kann sie selbst sofort zum Stehen bringen. Für langsamer schwingende Unruhen (Halbsecundenuhren) sind die Erschütterungen viel gefährlicher als für rasch schwingende; daher sind für den Transport auf Reisen gute Taschenuhren viel geeigneter, als grössere Chronometer, während letztere wieder beim längeren Aufenthalt an festen Orten die geeignetsten Zeitmesser sind. Gute Chronometer an festen Orten gehen täglich innerhalb einer halben Secunde genau, während der Fehler einer guten Taschenuhr täglich 2 bis 3 Secunden und beim Transport noch bedeutend mehr betragen kann. Endlich ist noch darauf zu achten, dass man keinen starken Magneten in unmittelbare Nähe der Uhr bringt, weil dadurch sofort ein höchst unregelmässiger Gang derselben eintritt. Dass es rathsam ist, die Uhr stets zu derselben Zeit aufzuziehen, dürfte aus dem über die Schnecke Gesagten genugsam hervorgehen.

Von einer guten Uhr muss vor Allem verlangt werden, dass sie einen gleichförmigen Gang habe, auf die Grösse desselben kommt es nicht an. Ist derselbe nicht gar zu gross, so corrigire man den Gang nicht, sondern ziehe ihn mit in Rechnung. Durch die Correction verändert sich in der Regel auch die Compensation. Der Gang der Uhr muss so oft als möglich ermittelt werden. Hält der Reisende sich längere Zeit an demselben Orte auf, so sind fortwährend Zeitbestimmungen anzustellen, besonders zu Anfang und am Ende des Aufenthalts. An einem Aufenthaltsorte, dessen Länge genau bekannt ist, muss aber vor Allem auf eine gute Zeitbestimmung gesehen werden.

Beim Einkaufe*) einer Uhr ist noch besonders darauf zu

*) Der Einkauf geschieht am zweckmässigsten durch oder unter Vermittelung eines Chronometer-Prüfungsinstitutes, wie das in Hamburg bei der Seewarte bestehende. N.

achten, dass Minuten- und Secundenzeiger mit der zugehörigen Theilung des Zifferblattes stimmen, dass sie also nicht excentrisch zu derselben angebracht sind. Bei kurzem Secundenzeiger kann die excentrische Stellung desselben äusserst leicht zu Irrthümern in der Ablesung der Zeit Anlass geben.

Will man zwei Chronometer mit einander vergleichen; die einen bedeutenden Gangunterschied haben, z. B. eine Uhr, die nach mittlerer Zeit geht, mit einer, die nach Sternzeit geht, so warte man den Moment ab, wo zwei Schläge genau mit einander coincidiren, da das Ohr für die Coincidenz zweier Töne sehr empfindlich ist. Man erhält so die Differenz beider Uhren für diesen Moment bis auf ein- bis zweihundertel Secunden genau. Die Vergleichung zweier Uhren mit nahe gleichem Gange führt man daher auch am sichersten mit Hülfe einer dritten von starkem Gangunterschiede aus. Es ist sehr zu rathen, sowohl für diesen Zweck, als auch für die Beobachtung von Sternen eine Uhr nach Sternzeit reguliren zu lassen.

Bei astronomischen Beobachtungen sehe man vor Allem darauf, dass die Uhr bequem placirt ist, um sowohl ihre Schläge deutlich zu hören, als auch, um die Zeit mit möglichst geringem Zeitverlust ablesen zu können. Auf Reisen, wo man in der Regel Uhren anwendet, die entweder 2 Schläge in einer oder 5 Schläge in 2 Secunden machen, verfährt man am besten auf folgende Weise. Kurz vor Eintritt des zu beobachtenden Moments merkt man sich die Secunde und zählt alle Schläge, bis der Eintritt erfolgt ist, sehe dann aber wieder nach der Uhr, um sich zu vergewissern, dass man sich nicht verzählt hat. Aus den bis zum Eintritt gezählten Schlägen wird man leicht die Zeit desselben ableiten. Häufig lässt sich die Zeit des Eintritts eines Moments (z. B. einer Sternbedeckung) im Voraus nicht genau genug angeben, um kurz vorher mit dem Zählen beginnen zu können, in diesem Falle fange man erst mit dem Eintritt an zu zählen und entnehme erst darauf die Zeit von der Uhr. Sind mehrere Momente in so kurzer Zeit hinter einander zu beobachten, dass man zwischen denselben nicht Zeit genug hat, um nach der Uhr zu sehen, so zähle man alle Schläge von Anfang bis Ende, notire aber diejenigen für jeden Eintritt, ohne nach dem Schreiben hinzusehen, wobei man das Auge unverwandt vor dem Fernrohr hält und dabei weiter zählt. Eine kurze Uebung wird hinreichen, dies fertig

zu bringen. Unter allen Umständen ist es gut, zwei Uhren zur Verfügung zu haben, von denen die eine nur als Beobachtungsuhr benutzt und vor und nach der Beobachtung mit der andern verglichen wird.

Sextant und Prismenkreis.

5) Der Spiegelsextant besteht aus einem eingetheilten Kreissector, dessen Centrum zugleich der Drehpunkt einer Alhidade ist, welche an dem Ende, wo sie die Theilung des Sectors berührt, einen Nonius oder Vernier trägt. Sie kann an den Sector festgeklammert werden und enthält hier eine Schraube für feinere Fortbewegung oder Einstellung. Nahe im Drehpunkt der Alhidade und auf derselben befestigt, befindet sich ein senkrechter Spiegel. Seitwärts, fest mit dem Sector verbunden, sitzt ein Fernrohr, diesem gegenüber in unverrückbarer Lage ein zweiter fester Spiegel, gleichfalls senkrecht zur Bewegungsebene der Alhidade. Das Objectiv des Fernrohrs trifft aber nur etwa zur Hälfte diesen zweiten Spiegel, mit der anderen Hälfte kann man über denselben hinweg einen Gegenstand direct sehen. Dreht man nun die Alhidade so, dass ein zweiter Gegenstand von dem ersten Spiegel nach dem zweiten und von diesem nach dem Objectiv des Fernrohrs reflectirt wird, so dass sein durch das Fernrohr gesehenes Bild den direct gesehenen Gegenstand deckt, so ist nach den Reflexionsgesetzen der Winkel, welchen beide Gegenstände mit einander bilden, doppelt so gross als der, welchen die Ebenen beider Spiegel mit einander einschliessen. Die Eintheilung des Sectors ist daher gleich so ausgeführt, dass die Zahlen das Doppelte des Drehungswinkels der Alhidade oder des Neigungswinkels beider Spiegel gegeneinander angeben, vorausgesetzt, dass die Alhidade Null zeigt, wenn beide Spiegel einander parallel stehen.

6) Ein Beobachter darf sich nie auf die Vollkommenheit seines Instrumentes verlassen; er soll dasselbe stets sorgfältig untersuchen und unter Controle halten. Sollen die abgelesenen Winkel mit den zu messenden vollständig übereinstimmen, so müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Beide Spiegel sollen senkrecht zur Ebene des Instrumentes stehen. *a*) Um zu untersuchen, ob

der grosse Spiegel richtig steht, stelle man die Alhidade etwa auf die Mitte der Theilung und bringe das Instrument nahe in die Höhe des Auges, so dass man einen Theil des Gradbogens direct und dessen Fortsetzung im grossen Spiegel reflectirt sieht. Liegt die direct gesehene Theilung mit der reflectirt gesehenen in einer Ebene, so dass letztere als gerade Fortsetzung der ersteren erscheint und mit ihr keine gebrochene Linie bildet, so steht der grosse Spiegel senkrecht zur Instrumentenebene. Erscheint jedoch die Linie gebrochen, so hat man den Spiegel durch Correctionsschrauben zu corrigiren. *b*) Um die Stellung des anderen kleinen Spiegels zu prüfen, stelle man den Index nahe auf Null und bringe das durch das Fernrohr direct gesehene Bild mit dem zugleich reflectirt gesehenen Bilde eines sehr entfernten Gegenstandes, am besten eines Sternes, durch Bewegung der Alhidade möglichst zur Deckung. Erfolgt diese vollständig, so steht auch der kleine Spiegel senkrecht. Sind dagegen die beiden Bilder nicht vollständig zur Deckung zu bringen, so steht der kleine Spiegel nicht senkrecht und er muss mit Hülfe seiner Correctionsschrauben in die richtige Lage gebracht werden.

2. Die optische Axe des Fernrohres soll mit der Ebene des Instrumentes parallel, also senkrecht zu den Spiegelflächen stehen. Man wähle zwei um einen grossen Winkel von einander entfernte Gegenstände und bringe das Bild des einen mit dem direct gesehenen andern zur Deckung an einem der beiden Parallelfäden, die man vorher parallel zur Sextantenebene gestellt hat. Bewegt man darauf den Sextanten, bis die Bilder auf den andern Parallelfaden fallen, und ist die Deckung dann noch vollständig, so ist die optische Axe, die mitten durch die Parallelfäden geht, richtig gestellt. Ist das Fernrohr mit keiner Correctionsschraube versehen, so ist die richtige Stellung derselben durch kleine Keile zu bewirken, die man zwischen Fernrohr und Hülse einzwängt.

3. Stellt man beide Spiegel zu einander parallel, indem man das direct gesehene Bild eines sehr weit entfernten Gegenstandes mit dem reflectirt gesehenen desselben Gegenstandes zur Deckung bringt, so sollte für diese Stellung die Ablesung = 0 sein, oder der Nullpunkt der Alhidade (Nonius). sollte genau dem Nullpunkt des Limbus gegenüberstehen

Dies wird im Allgemeinen nicht der Fall sein, sondern man wird eine Ablesung *c* dafür erhalten, welche der Index- oder Collimationsfehler genannt wird. Befindet sich der Nullpunkt der Alhidade bei dieser parallelen Stellung der Spiegel zwischen dem Nullpunkt der Theilung des Limbus und der Mitte des letzteren, so hat man *c* negativ zu nehmen, d. h. man hat den Indexfehler von der jedesmaligen Ablesung für einen gemessenen Winkel zu subtrahiren. Steht dagegen der Nullpunkt der Alhidade auf der entgegengesetzten Seite des Nullpunktes des Limbus, wo für diesen Zweck noch einige Grade aufgetragen sind, so ist *c* positiv zu nehmen und der Indexfehler zur jedesmaligen Ablesung zu addiren. Wendet man Sonnenbeobachtungen zur Bestimmung des Indexfehlers an, so liest man zunächst den Winkel für die Stellung der Alhidade ab, bei welcher sich das reflectirt und das direct gesehene Sonnenbild berühren und darauf für diejenige Stellung, bei welcher die Berührung an der entgegengesetzten Seite der Sonnenränder stattfindet. Das Mittel aus beiden Ablesungen giebt den Nullpunkt und die Differenz derselben den doppelten Sonnendurchmesser. Dieser muss mit demjenigen stimmen, welchen die Sonnenephemeride dafür angiebt. Durch Drehung des kleinen Spiegels lässt sich der Indexfehler wohl genau auf Null bringen, doch empfiehlt es sich, ihn wohl möglichst klein zu halten, ihn aber dann mit in Rechnung zu ziehen. Bei jeder grösseren Beobachtungsreihe ist eine Bestimmung nothwendig.

4. Die beiden Flächen des grossen Spiegels sollen einander parallel sein. Um die prismatische Gestalt der farbigen Gläser unschädlich zu machen, wende man dieselben auch bei der Bestimmung des Indexfehlers an. Die prismatische Gestalt des kleinen Spiegels ist ohne Einfluss, weil sie nur einen constanten Fehler hervorbringt, der auch im Indexfehler enthalten ist.

5. Die Fehler, welche von der Excentricität herrühren oder davon, dass die Drehung der Alhidade nicht genau um den Mittelpunkt des Kreisbogens des Limbus erfolgt, sollten bei jedem Sextanten, ehe er in Gebrauch genommen wird, sorgfältig geprüft werden. Ist *A* die Ablesung für einen Winkel zwischen zwei Objecten, so erfordert diese Ablesung eine Correction von der Form:

$$\Delta A = \sin \tfrac{1}{4} A \left\{ a \sin \tfrac{1}{4} A + b \cos \tfrac{1}{4} A \right\}$$

wo a und b zwei Constante sind, die man dadurch bestimmt, dass mindestens zwei anderweitig bekannte Winkel mit dem Sextanten gemessen werden. Sobald man a und b kennt, kann man für diese Correction eine Tafel berechnen, in die man zugleich die Correction für andere Fehler aufnehmen kann. *)

6. Bei Winkelmessungen nicht weit entfernter Gegenstände kommt noch die Parallaxe des Instrumentes in Betracht. Der Scheitelpunkt des gemessenen Winkels liegt nämlich nicht im Drehpunkte der Alhidade, sondern er liegt im Durchschnittspunkt zweier Richtungen, von denen die eine durch die optische Axe nach dem direct visirten Gegenstande, die andere nach dem andern Objecte durch den grossen Spiegel geht. Ist daher l das Loth vom grossen Spiegel auf die optische Axe, d die Entfernung des direct gesehenen Gegenstandes, so ist der gemessene Winkel um die Correction w zu vergrössern, die sich aus $\sin w = \frac{l}{d}$ ergiebt.

Bevor der Reisende seine Reise beginnt, sollte er seinen Sextanten in Bezug auf die erwähnten Fehler untersuchen resp. von einem Kundigen untersuchen lassen, und wenn der Excentricitätsfehler bedeutend ist, sich ein Täfelchen darüber anfertigen. Dies schliesst aber nicht aus, dass der Beobachter nicht von Zeit zu Zeit sein Instrument auf die erwähnten Fehler zu prüfen habe. Höchst wünschenswerth ist es aber, dass das Instrument nach der Reise wieder genau untersucht wird.

Das, was über den Sextanten gesagt ist, gilt auch von den Reflexionskreisen, die sich nur dadurch von den Sextanten unterscheiden, dass statt des als Limbus dienenden Kreissectors ein ganzer Vollkreis angewandt ist. Bei den Prismenkreisen ist noch der kleine Spiegel durch ein Prisma mit totaler Reflexion ersetzt, wodurch die Bilder an Helligkeit und Klarheit gewinnen. Die Vollkreise haben vor dem Sextanten ausser grösserer Stabilität hauptsächlich den Vortheil, dass der Excentricitätsfehler durch Ablesen zweier um 180° von einander abstehender Nonien aufgehoben wird.

*) Beim Ankaufe eines Instrumentes dieser Art ist darauf zu achten, dass dasselbe ein Prüfungs-Certifikat eines Institutes, wie z. B. das der deutschen Seewarte in Hamburg besitzt. N.

7) Künstlicher Horizont. Um mit den Reflexionsinstrumenten die Höhe eines Gegenstandes über dem Horizonte zu messen, kann man auf See den wirklichen Horizont (die Kimm) benutzen; auf dem Lande dagegen bedarf es eines künstlichen Horizontes. Hierzu wendet man in der Regel eine mit Quecksilber gefüllte eiserne Schale an und beobachtet den Winkel zwischen dem Object und dessen von der horizontalen Oberfläche des Quecksibers reflectirtem Bilde. Auf diese Weise erhält man die doppelte Höhe. Um die Oberfläche des Quecksilbers zu reinigen, wendet man entweder eine Stahlplatte oder auch ein Papier an, mit welchem der Schmutz nach der Seite gestrichen wird. Es empfiehlt sich, das Quecksilber mit etwas Zinn zu versetzen, weil es sich dann leichter reinigen lässt und weil dann auch die Erschütterungen nicht so sehr auf dasselbe wirken. Beim Füllen des Horizontes giesst man das Quecksilber am besten durch eine Düte aus zusammengefaltetem Schreibpapier, die an der Spitze ein kleines Loch hat. Sollte das Quecksilber nicht mehr gut an den Rändern der eisernen Schale haften, so reibe man letztere mit etwas Salpetersäure aus. Bei der Aufstellung des Horizontes ist darauf zu achten, dass er vor Erschütterungen möglichst bewahrt bleibt, weshalb man irgend einen Schutz an der Windseite aufzustellen hat. Hierzu wendet man häufig ein Glasdach an, welches aus zwei planparallelen Glasplatten besteht, die nahe um einen rechten Winkel gegen einander geneigt sind. Um den Fehler, der dadurch hervorgebracht wird, dass die Glasplatten nicht planparallel, sondern prismatisch sind, zu eliminiren, muss man einen Satz Beobachtungen bei einer Lage des Daches anstellen, darauf das Glasdach in die entgegengesetzte Lage umsetzen und einen zweiten Satz Beobachtungen machen. Das Mittel aus den Resultaten des ersten und zweiten Satzes ist dann frei von dem erwähnten Fehler. An Stelle des Glasdaches wendet man auch wohl eine planparallele Glasscheibe an, welche auf dem Quecksilber schwimmt, aber auch hier hat man einen zweiten Satz Beobachtungen anzustellen, nachdem man die Glasplatte um 180° gedreht hat. Statt des Quecksilbers kann man auch, wenn die Temperatur es erlaubt, als Nothbehelf einen Horizont aus Syrup oder aus einem Gemisch von Oel und Russ anwenden.

Weniger empfindlich gegen Erschütterungen als die angeführten Horizonte ist ein Glashorizont. Dieser besteht aus einer vollkommen eben geschliffenen Glasplatte, welche häufig in ihrer ganzen Masse oder auf der untern Fläche geschwärzt ist. Es ist vorzuziehen, sie auf der untern Fläche matt zu schleifen, so dass die Reflexion nur an der obern Fläche stattfindet, denn alsdann ist nicht nothwendig, dass beide Flächen parallel sind. Von der vollständigen Ebenheit der obern reflectirenden Fläche überzeugt man sich dadurch, dass das mit einem nicht zu schwachen Fernrohr reflectirt gesehene Bild ebenso präcise begrenzt sein muss, als das direct gesehene. Um diese Glasplatte genau horizontal zu stellen, legt man sie am besten auf eine mit drei Fussschrauben versehene Metallplatte, auf welcher sie an drei Punkten aufliegt, und indem man eine Libelle auf die Glasplatte aufsetzt, kann man durch Drehung an den Fussschrauben die horizontale Lage herstellen. Die genaue Horizontalstellung wäre aber äusserst zeitraubend, man begnüge sich daher, dieselbe nur genähert zu erreichen und die übrigbleibende Neigung unmittelbar vor und nach der Beobachtung mit dem Niveau scharf zu messen und in Rechnung zu ziehen. Sei H die gemessene Höhe, I die Neigung der Glasplatte in der Richtung nach dem beobachteten Gestirn hin und positiv genommen, wenn die dem Gestirn zugekehrte Seite die höhere ist, so ist die corrigirte wirkliche Höhe $= H + I$.

Azimutal- und Höheninstrument
(Theodolit und Universalinstrument).

8) Diese Instrumente besitzen doppelte Kreise, von denen der eine zum Messen horizontaler Winkel — Azimute —, der andere zum Messen von Höhenwinkeln — Zenithdistanzen — dient. Die Messung eines Winkels erfordert successive Einstellung beider Gegenstände; das Instrument verlangt daher für die Zeit der Messung eine absolut feste Aufstellung. Die Ablesung an den Kreisen geschieht entweder durch Nonien, wie bei den Sextanten, oder auch durch Mikroskope.

Die Mikroskope besitzen in der Gegend des Oculars einen Kasten, in welchem ein Fadenkreuz oder zwei parallele Fäden vermittelst einer an einer eingetheilten Trommel be-

festigten Mikrometerschraube beweglich sind. Um die ganzen Umdrehungen der Schraube zu zählen, erblickt man, wenn man durch das Ocular des Mikroskops sieht, am Rande des Gesichtsfeldes Auszahnungen oder Löcher, deren Abstand einer oder zwei ganzen Umdrehungen der Schraube entspricht. Nahe der Mitte des Gesichtsfeldes ist eine grössere Auszahnung oder ein anderes Merkmal, das dazu dient, den Nullpunkt anzugeben, auf welchen man die Ablesungen der Schraube bezieht. Die Trommel ist nun so auf der Schraube zu befestigen, dass ihre Ablesung Null giebt, wenn die beweglichen Fäden auf das als Nullpunkt dienende Merkmal gestellt werden. Bewegt man von dieser Stellung aus die Fäden auf den nächst kleineren Theilstrich des unter dem Mikroskop befindlichen Kreises, so erhält man durch Ablesung an der Trommel den Abstand dieses Theilstriches vom Nullpunkt des Mikroskops in Theilen der Schraube. Um die Ablesung des Kreises in Bezug auf den Nullpunkt zu erhalten, hat man den gemessenen Abstand in Bogen zu verwandeln oder ihn mit dem Werth eines Schraubentheils zu multipliciren und zur Ablesung für den nächst kleineren Theilstrich zu addiren. Der Werth eines Schraubentheils wird dadurch erhalten, dass man den Abstand zweier Theilstriche des Kreises mit dem Mikroskope misst und diesen Abstand durch die abgelesenen Trommeltheile dividirt. Um unabhängig von einer Veränderung oder einer fehlerhaften Bestimmung dieses Werthes zu werden, ist es dringend zu empfehlen, bei jeder Messung stets die beiden benachbarten Theilstriche einzustellen und beide Ablesungen zu notiren. Die Eintheilung der Trommel ist fast stets so eingerichtet, dass sie direct nahe Minuten und Secunden angiebt. Kleine Abweichungen von den auf der Trommel bezeichneten Werthen lassen sich wohl durch geeignete Verstellung der Mikroskope corrigiren, doch ist es nicht rathsam, diese etwas mühsamen Correctionen für kleine Abweichungen vorzunehmen. Sei z. B. der Kreis von 5 zu 5 Minuten getheilt, die Schraubentrommel in 60 Theile, und es seien zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilstrichen des Kreises nahe zwei ganze Trommelumdrehungen. Der dem Nullpunkt des Mikroskops zunächst gelegene kleinere Theilstrich sei $60^{\circ}\ 40'$ und die Ablesung für diesen Theilstrich an der Schraubentrommel, vom Nullpunkt aus gezählt, sei 1 Umdrehung 12 Theile = 72 Theile. Für den Theil-

strich 60^0 45′ sei diese Ablesung 16 Theile. Man hat daher $72 + 60 - 16 = 116$ Theile der Schraubentrommel = 5 Minuten = 300″, oder auch 2 Umdrehungen plus Ablesung für den nächst kleineren Theilstrich minus Ablesung für den nächst grösseren Theilstrich, also $2 \times 60 + 12 - 16 = 300''$. Der Werth eines Trommeltheils ergiebt sich hieraus $= \frac{300''}{116}$, folglich 72 Trommeltheile $= \frac{300''}{116} . 72 = 186'' = 3' \, 6''$ und für die Ablesung des Kreises hätte man also $60^0 \, 40' + 3' \, 6'' = 60^0 \, 43' \, 6''$.

Es ist genau darauf zu achten, dass stets der Theilstrich des Kreises und die Fäden des Mikroskops zu gleicher Zeit deutlich erscheinen. Ist dies nicht der Fall, so verschiebe man zuerst das Ocular, bis der Faden deutlich wird, nähert oder entfernt darauf das ganze Mikroskop, bis auch der Theilstrich möglichst deutlich erscheint. Dies beurtheilt man am besten dadurch, dass sich der Theilstrich durch seitliche Bewegung des Auges nicht verschieben, keine Parallaxe zeigen darf.

9) Vor der Messung ist das Instrument mit Hülfe der Libelle oder des Niveaus horizontal zu stellen. Für den Gebrauch der Libelle ist erforderlich, dass deren Füsse nahe gleich lang sind. Dies prüft man dadurch, dass man die Libelle auf die horizontale Axe aufsetzt und an den Fussschrauben des Instruments dreht, bis die Blase in der Mitte der Libellenröhre zur Ruhe kommt. Hierauf setze man die Libelle um bei unveränderter Stellung des Instrumentes, und wenn die Blase jetzt nicht in der Mitte der Röhre zur Ruhe kommt, so ist die Länge des einen Niveaufusses mit Hülfe einer für diesen Zweck angebrachten Schraube zu corrigiren, bis die Blase sich um die Hälfte der Abweichung von dem frühern Stande nach diesem hin bewegt hat. Zeigt sich durch Umsetzen des Niveaus noch eine ungleiche Länge seiner Füsse, so wiederhole man die Correction. Ferner muss die Röhre der Libelle der horizontalen Axe des Instruments, auf welcher sie steht, parallel sein. Dies ist der Fall, wenn die Blase des aufgesetzten Niveaus bei einer seitlichen Neigung desselben sich nicht bewegt. Durch Schrauben an der Libellenröhre kann ein etwaiger Fehler corrigirt werden.

Nachdem die Libelle, wenn erforderlich, auf diese Weise corrigirt ist, wird das Instrument mit aufgesetzter Libelle so gedreht, dass die Libellenaxe der Verbindungslinie zweier Fussschrauben nahe parallel ist, und diese beiden Schrauben werden, jede in entgegengesetzter Richtung, so lange gedreht, bis die Blase der Libelle in der Mitte zum Stehen kommt. Jetzt drehe man das Instrument mit der aufgesetzten Libelle um nahe 90°, so dass die Richtung der Libellenaxe sich nahe senkrecht über der dritten Fussschraube des Instrumentes befindet und drehe diese so lange, bis die Blase wieder in die Mitte der Röhre kommt. Hierauf gehe man wieder auf den ersten Stand des Instruments zurück und wiederhole die beschriebene Correction, bis die Blase bei horizontaler Drehung des Instruments ihren Stand nicht mehr ändert. Um die Axe bei unveränderter Stellung des Horizontalkreises zu nivelliren, werden beide Blasenenden des aufgesetzten Niveaus abgelesen und aus beiden Ablesungen das arithmetische Mittel genommen, wodurch die Ablesung für die Mitte der Blase erhalten wird. Um die Ungleichheit in den Längen der Niveaufüsse zu eliminiren, setze man das Niveau um und nehme wieder das Mittel aus den Ablesungen für beide Blasenenden. Ist das Niveau von der Mitte aus getheilt, so bestimme man das Zeichen so, dass man die Ablesung nach dem Höhenkreise hin positiv nimmt; ist aber die Libelle ganz durchgetheilt, so nehme man die Ablesungen für diejenige Stellung des Niveaus als positiv an, bei welcher sich die grössere Zahl am Kreisende befindet.

Nimmt man mit Rücksicht auf diese Zeichen das arithmetische Mittel aus den Mitteln beider Ablesungen, so erhält man die Neigung der Axe in Niveautheilen ausgedrückt, und zwar liegt das Kreisende höher, wenn das Mittel positiv ist.

Ausser diesem Aufsatzniveau befindet sich am Höhenkreise fest mit den Nonienarmen oder den Mikroskopträgern verbunden ein zweites Niveau, das aber gegen den Höhenkreis verstellbar ist. Bei Höhenmessungen ist die Blase desselben vor der Kreisablesung stets in die Mitte oder auf gleiche Theilstriche zu bringen, oder, was vorzuziehen, stets mit abzulesen und die Stellung derselben bei der Reduction mit zu berücksichtigen, so dass die Kreisablesungen stets auf dieselbe Stellung der Blase des Höhenniveaus bezogen werden. Ist der Werth eines

Niveautheils nicht bekannt, so kann man ihn am Höhenkreise selbst bestimmen. Ebenso lässt sich der Theil des Aufsatzniveaus am Höhenkreise ermitteln, wenn man dasselbe am Höhenniveau oder am Höhenkreise so befestigen kann, dass ihre Axe der Ebene dieses Kreises parallel ist. Auch eingetheilte Fussschrauben sind zu einer solchen Bestimmung geeignet. Wünschenswerth ist es, dass diese Bestimmung für verschiedene Strecken der Libelle gemacht wird, um zu sehen, ob die Krümmung der letzteren allenthalben gleich ist. Eine mit Aether gefüllte Libelle ist die empfindlichste, doch, da der Aether schon bei 36^0 verdampft, so ist es sehr rathsam, in heissen Gegenden Weingeistlibellen oder die etwas empfindlicheren Benzinlibellen anzuwenden. Sobald als die Messungen mit einem Universalinstrument auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, ist eine sorgfältige Anwendung der Libellen erforderlich. Bei Reisen hat man daher auf eine gute Erhaltung derselben besonders zu achten und sich mit Reservelibellen zu versehen. Gegen strahlende Wärme, besonders aber gegen directe Sonnenstrahlen sind die Libellen sowohl als auch das ganze Instrument sorgfältig zu schützen.

10) Um den Nullpunkt des Höhenkreises, d. h. diejenige Kreisablesung zu finden, bei der das Fernrohr bei richtigem Stande des Instruments genau nach dem Zenith gerichtet ist, stelle man erst das ganze Instrument horizontal und bringe die Blase der Höhenlibelle nahe in die Mitte. Hierauf richte man das Fernrohr auf einen weit entfernten Gegenstand, lese den Höhenkreis und die Höhenlibelle ab und reducire erstere Ablesung auf den Nullpunkt der Libelle. Diese reducirte Ablesung sei A. Dreht man jetzt das ganze Instrument genau um 180^0, so ist das Fernrohr offenbar auf einen Punkt gerichtet, der mit dem beobachteten Gegenstand gleiche Höhe und gleichen Zenithabstand hat. Bewegt man daher das Fernrohr durch das Zenith auf den Gegenstand, so muss es offenbar die doppelte Zenithdistanz beschreiben. Ist die reducirte Ablesung für diese Lage A_1, so erhält man die Zenithdistanz Z und den Nullpunkt N aus

$$Z = \pm \tfrac{1}{2}(A_1 - A)$$
$$N = \tfrac{1}{2}(A + A_1).$$

Um hierauf die Zenithdistanz z_1 eines anderen Gegenstandes, der die Ablesung a ergiebt, zu erhalten, hat man

$$z_1 = \pm (a - N).$$

Bei Höhenmessungen hat man sich fortwährend der Unveränderlichkeit des Nullpunktes zu versichern. Entweder beobachtet man dasselbe Object stets in beiden Lagen, oder man wählt einen entfernt stehenden Gegenstand, dessen Zenithdistanz man wiederholt bestimmt.

11) Terrestrische Winkel. Mit dem Theodolit erhält man unmittelbar den auf den Horizont reducirten Winkel, nicht so mit dem Sextanten. Hat man mit diesem einen schiefen Winkel A zwischen zwei Objecten gemessen, deren Zenithdistanzen resp. z und z_1 sind, so erhält man hier den auf den Horizont reducirten Winkel A_0 aus

$$\cos A_0 = \frac{\cos A - \cos z \cos z_1}{\sin z \sin z_1}$$

oder aus

$$\sin^2 \tfrac{1}{2} A_0 = \frac{\sin \tfrac{1}{2}(A - z + z_1) \sin \tfrac{1}{2}(A - z_1 + z)}{\sin z \sin z_1}$$

12) Ephemeriden. Jeder Reisende, der astronomische Bestimmungen zu machen gedenkt, hat sich mit Ephemeriden zu versehen, Dieselben gelten in der Regel nur für ein Jahr, sie pflegen aber 2 bis 3 Jahre im Voraus herausgegeben zu werden. Zu Ortsbestimmungen sind die nautischen Ephemeriden empfehlenswerther als die rein astronomischen, welche mehr für Sternwarten berechnet sind. Von jenen eignet sich besonders das vom Reichsamt des Innern herausgegebene Nautische Jahrbuch für den Reisenden und es wird daher im Folgenden vorausgesetzt, dass dieses zur Hand ist. Die Einleitung dieses Jahrbuches giebt eine kurze Beschreibung der Himmelskugel und der Kreise, welche man sich auf ihr und der Erde gezogen denkt, sowie die Erklärung des Unterschiedes zwischen mittlerer und wahrer Zeit und Sternzeit. Hierauf folgt die Erklärung der Ephemeriden und Tafeln des Jahrbuchs und schliesslich folgen die Ephemeriden und die Tafeln selbst. Es wäre wohl überflüssig, hier die dort gegebenen Auseinandersetzungen zu wiederholen, es wird daher nur durch N. J. darauf verwiesen werden. Hier sei nur noch bemerkt, dass die dort

gegebenen Zeitangaben sich stets auf die mittlere Greenw. Zeit beziehen; will man daher aus dem N. J. Oerter für eine andere Ortszeit entnehmen, so hat man diese zunächst mit der Längendifferenz auf die Greenw. Zeit zu reduciren.

13) Interpolation. Da man fast nie in dem Momente beobachten wird, für welchen die in den Ephemeriden gegebenen Daten gelten, so muss man die für die Reduction nothwendigen Daten mit Hülfe der Interpolation auf die Beobachtungszeit reduciren. Entsprechen drei auf einander folgende Ephemeridenörter z. B. Monddistanzen a, a_1 und a_2 den Zeiten t, t_1, t_2, wobei gleiche Zeitintervalle, also $t_1 - t = t_2 - t_1$, vorausgesetzt werden, und will man die Monddistanz A zur Zeit T kennen, wo T zwischen t_1 und t_2 liegt, so setze man $\frac{T - t_1}{t_2 - t_1} = x$ und hat dann, wenn d und d_1 die Differenzen

$$d = a_1 - a;\ d_1 = a_2 - a_1$$

sind:

$$A = a_1 + \frac{d_1 + d}{2} x + \frac{d_1 - d}{2} x^2$$

Ist umgekehrt A gegeben und sucht man T, so hat man zunächst

$$x = \frac{A - a_1}{\frac{1}{2}(d_1 + d)} - \frac{d_1 - d}{d_1 + d} x^2$$

eine Gleichung, die sich leicht durch successive Näherung auflöst. Darauf wird

$$T = t_1 + x(t_2 - t_1).$$

(Siehe N. J. pag. XIV. und pag. XXVI.)

Zeit- und Breitenbestimmungen aus Höhenmessungen.

14) Correction der gemessenen Höhen. Die Art der Höhenmessung sowie die Anbringung der instrumentalen Correctionen ist oben (§§ 5—10) erörtert; es bleiben noch folgende Correctionen zu berücksichtigen.

a) Die Refraction vergrössert die Höhe eines Sternes. Sie ändert sich nicht nur mit der Höhe, sondern auch mit der Temperatur und dem Barometerstande, so dass ihre strenge Berücksichtigung Tafeln verlangt (N. J. p. XXVI). Bezeichnet

h' die gemessene, h die wahre Höhe und r die Refraction, so ist $h = h' - r$. Genähert ist für h grösser als 20^0:

$$r = 57\overset{''}{,}7 \text{ cotg. } h'.$$

b) die Parallaxe ist die Reduction der von einem Punkte der Erdoberfläche gemessenen Höhe auf den Erdmittelpunkt (S. N. J. pag. XXVII bis XXX, wo sich auch die Correctionen für Durchmesser von Sonne und Mond wegen Refraction und Parallaxe finden).

c) Haben die Planeten eine messbare Scheibe und ist nur der eine Rand beobachtet, so muss die Beobachtung, nachdem sie von Parallaxe und Refraction befreit ist, mit dem Halbmesser auf dem Mittelpunkt des Gestirns reducirt werden.

Bei Beobachtungen auf See ist noch die Depression des Meereshorizontes oder die Kimmtiefe zu berücksichtigen (N. J. Tafel XI).

15) Der Ort eines Gestirnes ist bekannt, wenn die Sternzeit seines Durchgangs durch den Meridian (seine gerade Aufsteigung oder seine Rectascension) und seine Entfernung vom Aequator (seine Abweichung oder Declination) gegeben ist. Den Stundenwinkel oder den Winkel, welchen der durch das Gestirn und beide Pole gelegte grösste Kreis (Stundenkreis) mit dem Meridian bildet, erhält man aus

Stundenwinkel = Sternzeit — Gerade Aufsteigung.

Hier sollen stets folgende Bezeichnungen angewendet werden:

- α Gerade Aufsteigung oder Rectascension,
- δ Abweichung oder Declination,
- h wahre Höhe, bezogen auf den Erdmittelpunkt,
- z Zenithdistanz $= 90^0 - h$,
- A Azimut oder der auf den Horizont reducirte Winkel zwischen dem Südpunkte und einem Objecte, A wird gezählt vom Südpunkte durch West, Nord und Ost von 0^0 bis 360^0,
- t Stundenwinkel,
- Θ Sternzeit der Beobachtung,
- φ Breite oder Polhöhe des Ortes.

16) Aus dem sphärischen Dreiecke: Stern, Zenith, Pol ergiebt sich:

$$\sin h = \cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t. \qquad (1)$$

Betrachtet man den Sternort (α, δ) als gegeben und h ebenfalls durch Beobachtung bekannt, so erhält diese Gleichung noch die beiden Unbekannten φ und $t = \Theta - \alpha$. Aus zwei solcher von einander unabhängigen Gleichungen, also aus zwei Beobachtungen, die in bekannter Zwischenzeit angestellt sind, werden sich daher sowohl Zeit als Breite bestimmen lassen. Bei allen Beobachtungen hat man aber vorzugsweise darauf zu achten, dass die etwaigen Fehler möglichst geringen Einfluss haben und dass, wenn man mehrere Grössen aus mehreren Beobachtungen ermitteln will, diese so anzuordnen sind, dass die gesuchten Grössen mit möglichster Sicherheit daraus hervorgehen. Nimmt man an, dass die Grössen h, φ und t der Gleichung (1) mit kleinen Fehlern dh, $d\varphi$ und dt behaftet sind, so lehrt die Differentialrechnung, dass zwischen denselben die Relation

$$dh + \cos A d\varphi + \cos\varphi \sin A dt = 0$$

stattfindet. Nach obiger Regel folgt hieraus sofort, dass man zur Bestimmung von φ oder der Breite des Ortes Gestirne in der Nähe der Azimute 0^0 und 180^0, und zur Bestimmung des Stundenwinkels oder der sich hieraus ergebenden Zeit Gestirne in der Nähe von 90^0 oder 270^0 Azimut beobachten soll. Denn im ersteren Falle wirkt ein Zeitfehler wenig auf den Werth von φ, im zweiten Falle ein Breitenfehler wenig auf die Bestimmung der Zeit ein. Ferner ersieht man hieraus, dass Zeit sowohl als Breite in den günstigsten Fällen mindestens um den vollen Betrag des Höhenfehlers fehlerhaft werden. Sterne, die durch das Zenith gehen, eignen sich in der Nähe des Meridians wohl zur Zeit- aber nicht zur Breitenbestimmung. Wegen der Unsicherheit der Refraction soll man nicht zu nahe am Horizonte beobachten. Um sowohl von dieser Unsicherheit als auch noch von andern Fehlern frei zu werden, ist es sehr rathsam, zwei um nahe 180^0 Azimut von einander entfernte Gestirne zu beobachten. Bei dem Universalinstrument wird man noch von der fehlerhaften Bestimmung des Nullpunktes unabhängig, wenn in beiden Kreislagen gemessen wird.

Zeitbestimmung.

17) Correspondirende Höhen. Hat man denselben Stern östlich und westlich in gleicher Höhe beobachtet, so ent-

spricht das Mittel aus den beiden Beobachtungszeiten seinem Durchgange durch den Meridian, für welchen die Sternzeit des Ortes gleich der geraden Aufsteigung des Sternes ist. Ist die Sonne das beobachtete Object, so ist zunächst auf die Aenderung ihrer Declination Rücksicht zu nehmen. Vergrössert sich diese von der ersten bis zur zweiten Beobachtung um $d\delta$, so vergrössert sich der Stundenwinkel um

$$dt = \left(\frac{\tan\varphi}{\sin t} - \frac{\tan\delta}{\tan t}\right) d\delta \qquad (2)$$

wo dt in wahrer Zeit ausgedrückt ist. Beachtet man nun, dass der Stundenwinkel der Sonne gleich der wahren Zeit ist, so erhält man, wenn U_1 und U_2 die Beobachtungszeiten in mittlerer Zeit ausgedrückt, U_0 die Uhrzeit des wahren Mittags und t den Stundenwinkel, der mit dem δ der ersten Beobachtungszeit berechnet ist, bezeichnen

$$U_1 = U_0 - t$$
$$U_2 = U_0 + t + dt$$

also

$$U_0 = \tfrac{1}{2}(U_1 + U_2) - \tfrac{1}{2}\,dt.$$

Die Grösse $\frac{1}{2}(U_1 + U_2)$ wird der unverbesserte Mittag, $-\frac{1}{2}dt$ die Mittagsverbesserung genannt. Es genügt dt in mittlerer Zeit anzunehmen und mit dem δ zu berechnen, das für den Mittag gilt. Im N. J. ist die stündliche Veränderung von δ angegeben, die man also mit der Zeit zwischen beiden Beobachtungen in Stunden ausgedrückt zu multipliciren hat, um $d\delta$ zu erhalten, wobei aber das Zeichen der stündlichen Veränderung wohl zn berücksichtigen ist. Da $d\delta$ in Bogensecunden erhalten wird, $\frac{1}{2}dt$ aber in Zeitsecunden auszudrücken ist, so wird man $d\delta$ mit 30 dividiren, um gleich $\frac{1}{2}d\delta$ in Zeitsecunden auszudrücken. Ist U die Zeit des wahren Mittags entweder in mittlerer Zeit oder in Sternzeit ausgedrückt, je nach der Zeit, in welcher U_0 gegeben ist, so folgt stets als Uhrcorrection

$$\triangle U = U - U_0.$$

Geht z. B. die Uhr nach mittlerer Zeit, so wird, wenn die Zeitgleichung für den mittleren Mittag gegeben ist, die wahre Zeit des mittleren Mittags:

$U = 24^h$ — Zeitgl. und darauf $\triangle U_m = U - U_0$.
Geht die Uhr dagegen nach Sternzeit, so drücke man zunächst die Zeitgleichung in Sternzeit aus und setze U_s = Sternzeit im mittleren Mittage — Zeitgleichung, es ist dann wieder

$$\triangle U_s = U_s - U_0.$$

Es ist sehr rathsam, stets eine Reihe von Sonnenhöhen hinter einander in der Weise zu nehmen, dass man die Alhidade um eine runde Anzahl Minuten verstellt und darauf die Zeit beobachtet, zu welcher derselbe Sonnenrand diese Höhe erreicht. Beobachtet man am Vormittag den Moment der beginnenden Ueberdeckung der beiden Sonnenbilder, so entspricht am Nachmittag dieser Beobachtung der Moment der beginnenden Trennung, und umgekehrt. Zur Erlangung gleichartiger Beobachtungen ist es daher gerathen, die Beobachtungen beide Male in gleicher Anzahl auf beide Ränder zu vertheilen.

Beispiel. 1886 April 17/18 (April 18 bürgerlicher Zeit) wurden in Berlin (Polhöhe $\varphi = 52^0\ 30'{,}3$) mit einem Sextanten und einem Chronometer, welcher nach mittlerer Zeit ging, folgende Beobachtungen angestellt:

Sonnenrand	Höhe	Vormittag U_1	Nachmittag U_2	$\frac{1}{2}(U_1 + U_2)$
oberer	$35^0\ 20'$	$22^h\ 1^m\ 50^s{,}3$	$4^h\ 1^m\ 3^s{,}5$	$1^h\ 1^m\ 26^s{,}9$
„	35 40	22 4 26,4	3 58 27,6	27,0
unterer	35 30	22 7 18,8	3 55 34,8	26,8
„	35 50	22 9 57,2	3 52 56,0	26,6
			Mittel	1 1 26,8

Die Zeit zwischen den Beobachtungen am Vormittage und Nachmittage ist anfangs $5^h\ 59^m\ 13^s$, am Ende ist sie $5^h\ 42^m\ 59^s$, also im Mittel $5^h\ 51^m\ 6^s = 5{,}852$ Stunden. Nach dem N. J. ist die stündliche Bewegung der Sonne in Declination $= +\ 52''{,}2$, so dass $d\delta = 52''{,}2 \,.\, 5{,}852 = 305''{,}5$ und daher $\frac{1}{2}\, d\delta$ in Zeitsecunden $= 305{,}5 : 30 = 10^s{,}18$. Aus dem N. J. entnimmt man noch: Zeitgleichung $= -0^m\ 43^s{,}2$, $\delta = +\ 10^0\ 53'\ 49''$.

Die Zwischenzeit $5^h\ 51^m\ 6^s$ entspricht dem Mittel des doppelten Stundenwinkels der Sonne, es ist daher noch $t = 2^h\ 55^m\ 33^s = 43^0\ 53'$.

Aus den angegebenen Werthen erhält man:

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sin t} \cdot \tfrac{1}{2}\, d\delta = 19^s{,}14$$

$$\frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg} t} \cdot \tfrac{1}{2}\, d\delta = 2{,}04$$

Mittagsverbesserung $-\tfrac{1}{2}\,dt =$			$-17{,}1$
$\tfrac{1}{2}(U_1 + U_2) =$	1	1^m	26,8
Uhrzeit im wahren Mittag	1	1	9,7
Zeitgleichung		-0	43,2
Uhrzeit im mittl. Mittag	1	0	26,5

Also Uhrstand $= -1^h\, 0^m\, 26^s{,}5.$

Dieser Uhrstand bezieht sich eigentlich auf den wahren Mittag, weil die Beobachtungen in Bezug auf diesen symmetrisch sind. Bei erheblichem Uhrgang ist dies zu berücksichtigen.

18) Beobachtung einer einzelnen Höhe. Der Stundenwinkel t wird erhalten aus einer von folgenden drei Gleichungen:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}$$

$$\sin \tfrac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\sin\tfrac{1}{2}(z - (\varphi - \delta)) \,.\, \sin\tfrac{1}{2}(z + \varphi - \delta)}{\cos\varphi \cos\delta}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sin(s - \varphi)\sin(s - \delta)}{\cos\varphi \cos\delta}}$$

$$\operatorname{tg}\tfrac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\sin(s - \varphi) \,.\, \sin(s - \delta)}{\cos s \cos(s - z)}}$$

wo

$$s = \tfrac{1}{2}(\varphi + \delta + z).$$

Die letzte Formel giebt das genaueste Resultat. Bei Sternbeobachtungen ist dann die Sternzeit der Beobachtung

$$\Theta = \alpha + t$$

wobei der östliche Stundenwinkel negativ zu nehmen ist. Ist die Sonne beobachtet, so rechne man t auf dieselbe Weise, wo dann aber der Stundenwinkel gleich der wahren Zeit der Beobachtung ist. Hat man δ für eine andere Zeit den Ephemeriden entnommen, so dass der wahre Werth um $d\delta$ grösser ist, so ist an t noch eine Correction nach § 17, (2) anzubringen.

Es ist sehr rathsam, wenigstens zwei verschiedene Sterne zu beobachten und zwar solche, die sich nahe in gleicher Höhe und in symmetrischer Lage zum Meridian befinden, weil das Mittel aus den Resultaten von verschiedenen Fehlern befreit ist.

Beispiel. In $14^0 = 56^m$ östl. Länge von Greenwich und in $8^0\,10'$ südl. Breite sei 1886 Nov. 16 $19^h\,32^m\,38^s{,}0$ Uhrzeit die Höhe des obern Sonnenrandes $= 31^0\,14'\,30''$ gefunden, man sucht den Uhrstand, dessen genäherter Werth gegen mittlere Ortszeit zu $+10^m$ geschätzt wurde.

Es wurden keine meteorologischen Instrumente abgelesen, man kann also nur die mittlere Refraction berücksichtigen, diese ist nach N. J. Tafel VII für $31^0\,14'$ scheinbare Höhe $= 1'\,35''$. Ferner der Halbmesser der Sonne (N. J. für 1886 pag. 143) $= 16'\,13''$ und die Höhenparallaxe ist (N. J. Taf. XIII) $= 8''$, so dass man hat

scheinbare Höhe des obern Sonnenrandes		31^0	$14'$	$30''$
Refraction	$-$		1	35
Halbmesser	$-$		16	13
Parallaxe	$+$			8
Höhe des Sonnenmittelpunktes h	$=$	30	56	50

Uhrzeit der Beobachtung 1886 Nov. 16		19^h	32^m	$38^s{,}0$
Genäherter Uhrstand	$+$		10	0
Länge	$-$		56	0
Genäherte mittl. Greenw. Zeit 1886 Nov. 16		18	46	38

Für diese Zeit erhält man aus dem N. J. pag. 142: Declin. der Sonne $= -18^0\,59'\,51''$; Zeitgleichung $= -14^m\,54^s{,}5$. Man hat also

$$
\begin{array}{rcl}
z = 90^0 - h & = & 59^0\;\;3'\;10'' \\
\varphi & = & -\;8\;\;10\;\;0 \\
\delta & = & -18\;\;59\;\;51 \\
\hline
2s & = & 31\;\;53\;\;19 \\
s & = & 15\;\;56\;\;39{,}5 \quad \log\cos = 9{,}98296 \\
s - z & = & -43\;\;6\;\;30{,}5 \quad \;,,\;\; \cos = 9{,}86336 \\
s - \varphi & = & 24\;\;6\;\;39{,}5 \quad \;,,\;\; \sin = 9{,}61119 \\
s - \delta & = & 34\;\;56\;\;30{,}5 \quad \;,,\;\; \sin = 9{,}75796
\end{array}
$$

$\cos + \cos$: 9,84632; $\sin + \sin$: 9,36915

$$\log \mathrm{tg}^2 \tfrac{1}{2} t \quad 9{,}52283$$
$$,, \;\; \mathrm{tg} \;\tfrac{1}{2} t \quad 9{,}76141$$

$$\tfrac{1}{2} t = 29^0\,59'{,}9\;,\quad t = 59^0\,59'{,}8 = 3^h\,59^m\,59^s{,}2.$$

Da die Beobachtung am Vormittage angestellt ist, so ist die wahre Ortszeit $= 24^h - t$ also hier

Wahre Ortszeit =	20^h	0^m	$0^s\!,8$
Zeitgleichung		-14	24,5
Mittl. Ortszeit	19	45	36,3
Uhrzeit	19	32	38,0
Stand der Uhr gegen mittl. Ortszeit		$+12$	58,3

Die gefundene Ortszeit entspricht $18^h\ 49^m\ 36^s\!,3$ mittl. Greenw. Zeit, für welche man aus dem N. J. $\delta = -18^0\ 59'\ 53''$ erhält, also um $-2''$ grösser, als der angenommene Werth. Die Correction, welche man dafür aus § 17, (2) erhält, ist verschwindend klein. Die Zeitgleichung ändert sich nicht, man hätte sie übrigens gleich mit der richtigeren Zeit entnehmen können.

19) Obwohl auf Reisen die Höhenbeobachtungen stets vorzuziehen sind, weil man die Instrumentalfehler so leicht berücksichtigen kann und man von der Zeit der Beobachtung nicht so sehr abhängig ist, so lässt sich das Universalinstrument doch auch als Durchgangsinstrument benutzen. Könnte man das Instrument so aufstellen, dass bei festgeklemmtem Horizontalkreis die optische Axe des Fernrohrs sich genau in der Meridianebene bewegte, so würde die Beobachtung eines Sterns an einem in der optischen Axe befindlichen Faden sofort die Sternzeit der Beobachtung (= Gerade Aufsteigung) ergeben. Da aber die Aufstellung des Instrumentes nie fehlerfrei sein wird, so sei i die Neigung der Umdrehungsaxe des Instruments, positiv genommen, wenn das westliche Ende höher ist; k das Azimut eines südlichen Punktes, welche in der zur Umdrehungsaxe senkrechten Ebene liegt und zwar positiv genommen, wenn er sich östlich vom Südpunkte befindet; endlich sei c der Collimationsfehler oder die Abweichung des Mittelfadens von der optischen Axe. Ist c positiv, d. h. tritt der Stern zu früh an den Mittelfaden, so ist in der obern Culmination an die beobachtete Durchgangszeit folgende Correction anzubringen:

$$+ i\,\frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos\delta} + k\,\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos\delta} + c\sec\delta$$

In der andern Lage des Instruments ist c dann negativ zu nehmen. Für untere Culmination hat man für erstere Lage die Correction

$$+ i \frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos \delta} + k \frac{\sin(\varphi + \delta)}{\cos \delta} - c \sec \delta$$

Sei U die so corrigirte Uhrzeit, so ist die Uhrcorrection gegen Sternzeit $\Delta U = \alpha - U$. Die Neigung i wird durch das Niveau ermittelt; um k, c und ΔU zu erhalten, sind mindestens 3 Beobachtungen erforderlich, wozu man am besten einen Aequatorial- und zwei Polsterne, letztere bei gleichen Culminationen in verschiedenen Lagen des Instruments, und bei oberer und unterer Culmination in gleicher Lage beobachtet.

Sind mehrere Fäden eingezogen und braucht ein Stern im Aequator f^s Zeitsecunden, um von einem Faden zum andern zu kommen, so gebraucht ein anderer Stern, dessen Decl. δ ist, dazu die Zeit $f_1{}^s$, die sich aus $\sin 15\, f_1{}^s = \sin 15\, f^s . \sec \delta$ ergiebt. Für kein sehr grosses δ genügt $f_1{}^s = f^s . \sec \delta$. In der Regel bezieht man alle Durchgänge auf den Mittelfaden.

Es ist aber rathsam, diese Art der Beobachtung nur bei festen Stationen anzuwenden, weil sich hier nur eine hinreichend feste Aufstellung des Instruments erreichen lässt. — In nicht zu geringen nördlichen Breiten dürfte es sich aber empfehlen, das Universalinstrument so aufzustellen, dass die optische Axe bei einer Drehung des Fernrohrs nahe den Verticalkreis des Polarsterns beschreibt. Man beobachtet alsdann zuerst den Polarstern und richtet dann das Fernrohr bei festgeklemmtem Horizontalkreis auf einen Stern, welcher dem Aequator nahe ist. Indem man diese Beobachtung nach Umlegung des Fernrohrs wiederholt, wobei man vielleicht vor Anfang der zweiten Beobachtung den Horizontalkreis ein wenig zu drehen und einen andern gut bestimmten Aequatorialstern zu wählen hat, kann man hieraus die Zeit mit grosser Schärfe bestimmen. Die Reduction dieser Beobachtungen ist aber zu umständlich, um hier auf dieselbe näher eingehen zu können.

20) Ist man längere Zeit an demselben Orte, so kann man den Gang der Uhr auch dadurch bestimmen, dass man das Verschwinden eines Sternes hinter denselben nicht zu niedrigen terrestrischen Gegenstand beobachtet. Damit das Auge an verschiedenen Abenden stets dieselbe Position einnimmt, befestige man ein Diopter, oder, weit besser, ein Fernrohr an der Stelle, wo man beobachtet.

Die Zeit des Auf- und Unterganges eines Gestirns ist wegen der Refraction zu unsicher, um gute Resultate liefern zu können.

Breitenbestimmung.

21) Hier sind die Beobachtungen so anzuordnen, dass ein Zeitfehler nicht zu grossen Einfluss auf das Resultat gewinnt, es sind also die Gestirne so zu wählen, dass ihre Höhe sich mit der Zeit nur wenig ändert. Dies ist bei allen Sternen, mit Ausnahme der Zenithsterne, in der Nähe des Meridians der Fall, bei Polsternen aber in allen Stundenwinkeln.

Hat man die Zenithdistanz Z genau im Meridian gemessen, so ist für

Obere Culm. $Z = \pm(\varphi - \delta)$ also $\varphi = \delta \pm Z$
Untere „ $Z = 180 \mp (\varphi + \delta)$ „ $\varphi = \pm(180 - Z) - \delta$

wobei südliche Breiten und südliche Declinationen negativ zu nehmen sind. Bei der untern Culmination gilt das obere Zeichen für nördliche Breiten und Declination, das untere für südliche. In der obern Culmination wird man in Bezug auf das Zeichen nicht zweifelhaft sein können, da man stets eine genäherte Kenntniss der Breite haben wird.

22) Bezeichnet z irgend eine andere Zenithdistanz in der Nähe des Meridians, t den zugehörigen Stundenwinkel, und setzt man $Z = z - \zeta$, so erhält man ζ am bequemsten durch indirecte Auflösung der Gleichung

$$\sin \tfrac{1}{2} \zeta = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin (z - \frac{1}{2}\zeta)} \sin^2 \tfrac{1}{2} t \qquad (3)$$

wofür man auch setzen kann

$$\tfrac{1}{2} \zeta = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{2 \sin (z - \frac{1}{2}\zeta)} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''} \qquad (3)^*$$

Es wird $\frac{1}{2}\zeta$ in Bogensecunden erhalten und zwar bis auf $0''\!,1$ genau, wenn $\frac{1}{2}\zeta$ kleiner als $50'$ und bis auf $1''$ genau, wenn $\frac{1}{2}\zeta$ kleiner als $1^0\,40'$ ist. Der Factor $\frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$ kann den am Schlusse erwähnten Hülfstafeln mit dem Argumente t entnommen werden. Es ist noch $z - \frac{1}{2}\zeta = \frac{1}{2}(Z + z)$.

Aendert sich die Declination des Gestirns, von welchem Circummeridian-Zenithdistanzen beobachtet sind, so nehme man für alle Reductionen diejenige Declination, welche bei der Culmination (bei der Sonne im wahren Mittage) stattfindet, und rechne den Stundenwinkel nicht von der Zeit T des Meridiandurchgangs ab, sondern von der Zeit T_1 der grössten Höhe. Bezeichnet μ die Declinationsänderung in Bogensecunden während 48 Stunden, so erhält man $T_1 - T$ in Zeitsecunden ausgedrückt durch

$$T_1 - T = \frac{\mu}{188{,}5} (\text{tang } \varphi - \text{tang } \delta)$$

Bei Polsternen kann man selbst in grösseren Stundenwinkeln obige Formel (3) anwenden, da hier $\cos \delta$ klein ist. Sonst setze man

$$\left.\begin{aligned} \sin \delta &= n \sin N \\ \cos \delta \cos t &= n \cos N \\ \text{und erhält dann} \quad & \\ \cos (N - \varphi) &= \frac{\cos z}{n} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

wo man über das Zeichen von $N - \varphi$ anderweitig entscheiden muss.

Beispiel 1. Am 4. April 1887 wurden in $53^m\ 30^s$ östl. Länge von Greenwich für die doppelten Höhen des obern Sonnenrandes, welcher mit einem Sextanten und Glashorizont beobachtet wurde, folgende Ablesungen erhalten:

Kreisablesung	Uhrzeit
$86^0\ 53'\ 30''$	$0^h\ 11^m\ 42^s$
86 50 20	15 26
86 46 50	18 10

Der Indexfehler war $-28''$; die Uhr ging nach mittlerer Zeit, der Stand gegen mittlere Ortszeit war $-2^m\ 5{,}^s6$; die Neigung des Glashorizontes war $N = -5''$ (die der Sonne zugekehrte Seite lag tiefer).

Das N. J. giebt für 1887 April 4 wahrer Ortsmittag = April 3 $23^h\ 6^m\ 30^s$ wahre Greenw. Zeit: $\delta = +5^0\ 40'\ 2''$, Zeitgleichung $+3^m\ 5{,}^s4$, Sonnenhalbmesser $= 16'\ 1''$, $\mu = +45'\ 44'' = 2744''$. Da wahre Zeit = Uhrzeit + Uhrstand — Zeitgleichung, scheinbare Höhe $h_1 = \frac{1}{2}$ (Kreisablesung + Indexfehler) + N, so erhält man

wahre Ortszeit	$2(h_1 - N)$	h_1
$0^h\ 6^m\ 31^s$	$86^0\ 53'\ 2''$	$43^0\ 26'\ 26''$
10 15	49 52	24 51
12 59	46 22	23 6

Die Refraction beträgt $1'\ 1''$, so dass man für die wahre Höhe h des Sonnenmittelpunktes ($h = h_1$ — Refr. — Halbm.) erhält

h	$z = (90 - h)$
$43^0\ 9'\ 24''$	$46^0\ 50'\ 36''$
7 49	52 11
6 4	53 56

Man schliesst leicht, dass hier die Zenithdistanz im Meridian Z nahe $= 46^0\ 49'$ sein wird und also $\varphi = Z + \delta = 52^0\ 29'$, daher $T_1 - T = \frac{2744}{188{,}5}(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\delta) = 17^s{,}5$.

Indem man diesen Werth von der wahren Ortszeit subtrahirt, erhält man für den anzuwendenden Stundenwinkel t:

t	$\log \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$	$\lg \zeta_0$	ζ_0
$6^m\ 13^s{,}5$	1,8813	1,8008	$63''$
9 57,5	2,2893	2,2088	162
12 41,5	2,5000	2,4194	263

$\log \zeta_0$ ist aus $\zeta_0 = \frac{\cos\varphi \cos\delta}{\sin\frac{1}{2}(Z+z)} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$ mit den obigen Werthen für φ und Z berechnet. Es ergiebt sich nun

$Z = z - \zeta_0$
$46^0\ 49'\ 33''$
49 29
49 33

Also im Mittel $Z = 46^0\ 49'\ 32''$ und $\varphi = Z + \delta = 52^0\ 29'\ 34''$. Wiederholt man die Rechnung mit diesen Werthen, so ergiebt sich keine Aenderung der gefundenen Werthe.

Beispiel 2. 1886 März 20 wurden in $31^0\ 36' = 2^h\ 6^m\ 24^s$ östl. Länge von Greenwich folgende scheinbare Zenithdistanzen des Sirius gemessen, die bereits für den Indexfehler corrigirt sind:

Mittl. Ortszeit T	z_1	Refract.	z
$6^h\ 20^m\ 24^s$	$47^0\ 3'\ 40''$	$+\ 1'\ 2''$	$47^0\ 4'\ 42''$
23 4	46 58 35	2	46 59 37
25 22	54 30	1	55 31
28 44	49 20	1	50 21
6 32 0	45 10	+ 1 1	46 11

Nach dem N. J. ist der Ort des Sirius an dem betreffenden Tage $\alpha = 6^h\ 40^m\ 8^s{,}0$, $\delta = -16^0\ 34'\ 1''$. Die Sternzeit im mittl. Mittage Greenw. ist $23^h\ 51^m\ 45^s{,}9$ und da der Beobachtungsort in $2^h\ 6^m\ 24^s$ östl. L. Greenw. liegt, beträgt sie in seinem mittl. Mittage $20^s{,}8$ weniger, so dass die Sternzeit im mittl. Mittage des Beobachtungsortes $\Theta_0 = 23^h\ 51^m\ 25^s{,}1$ ist.

Reducirt man die mittlere Ortszeit T der Beobachtung auf Sternzeit (N. J. Tafel III) und addirt dazu Θ_0, so erhält man die Ortssternzeit Θ der Beobachtung und hieraus erhält man den Stundenwinkel $t = \Theta - \alpha = T + \Delta T + (\Theta_0 - \alpha)$, wo ΔT die Reduction der Beobachtungszeit auf Sternzeit bezeichnet. Hier ist $\Theta_0 - \alpha = 17^h\ 11^m\ 17^s{,}1 = -6\ \ 48^m\ 42^s{,}9$

$T + \Delta T$	t	$\log. \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$
$6^h\ 21^m\ 26{,}5$	$-0^h\ 27^m\ 16^s{,}4$	3,16400
24 6,9	24 36,0	3,07448
26 25,3	22 17,6	2,98904
29 47,9	18 55,0	2,84648
33 4,4	15 38,5	2,68143

Um einen genäherten Werth für φ zu erhalten, setzen wir in (3)* oder in

$$\tfrac{1}{2}\zeta = \frac{\cos(z + \delta - \zeta) \,.\, \cos\delta}{2 \sin(z - \frac{1}{2}\zeta)} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$$

auf der rechten Seite $\zeta = 0$, und wenden die genäherte Gleichung

$$\zeta_0 = \frac{\cos(z + \delta) \cos\delta}{\sin z} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$$

auf diejenige Beobachtung an, für welche t am kleinsten ist, also auf die letzte. Man erhält:

$z + \delta = 30^0\ 12'\ 10''$; $\log \zeta_0 = 2{,}7372$, $\zeta_0 = 546'' = 9'\ 6''$ also $\varphi = z + \delta - \zeta_0 = 30^0\ 3'\ 4''$, $Z = z - \zeta_0 = 46^0\ 37'\ 5''$.

Mit diesen Werthen ergiebt sich

$\log \frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin\frac{1}{2}(z+Z)} \cdot \frac{2\sin^2\frac{1}{2}t}{\sin 1''}$	ζ	$Z = z - \zeta$			
3,21985	1659″		46°	37′	3″
3,13063	1351				6
3,04543	1110				1
2,90318	800				1
2,73837	517				4
		Mittel	46	37	3
		δ —	16	34	1
		φ	30	3	2

Eine Wiederholung der Rechnung mit diesen genauern Werthen ändert das Resultat nicht.

Da ζ bei beiden Beispielen hinreichend klein war, so wurde von Formel (3)* Anwendung gemacht.

23) Aus zwei verschiedenen Beobachtungen desselben Sterns oder zwei verschiedener Sterne werden sich sowohl Zeit als Breite bestimmen lassen. Man wähle die Beobachtungen aber so, dass die eine günstig für die Zeitbestimmung, die andere günstig für die Breitenbestimmung ist. Hat man für letztere die Culmination beobachtet, so erhält man die Breite frei von dem Zeitfehler, mit dieser Breite folgt dann aus der andern Beobachtung die Zeit.

Sind zwei verschiedene Höhen h und h_1 desselben Sterns in den Stundenwinkeln t und t_1 beobachtet, so kann man φ und die Zeit aus der succesiven Auflösung der beiden Gleichungen

$$\sin\tfrac{1}{2}(t_1+t) = \frac{\cos z - \cos z_1}{2\cos\varphi\cos\delta\sin\frac{1}{2}(t_1-t)}$$

$$\cos(\varphi-\delta) = \cos z - 2\sin^2\tfrac{1}{2}t\cos\varphi\cos\delta$$

ableiten, wo rechts zunächst ein genäherter Werth von φ einzusetzen ist. $t_1 - t$ ist aus dem Uhrgange bekannt.

Ist $h = h_1$, hat man also correspondirende Höhen beobachtet, so erhält man zunächst die Uhrcorrection nach § 17 und darauf φ nach § 22, (4).

Aendert sich die Declination, so hat man t und t_1 nach § 17 zu corrigiren.

24) Breitenbestimmungen aus Durchgängen am Passageninstrument lassen sich mit Vortheil nur im Ost-Westkreise, im ersten Vertical, anstellen. Die Aufstellung des Instruments muss eine sehr feste sein, so dass sie für längere Zeit ungeändert bleibt. Die Neigung der Axe ist mit grösster Genauigkeit zu ermitteln. Es ist mindestens der Durchgang eines Sterns im Osten und eines Sterns im Westen zu beobachten, wobei man Kreis Nord, Stern Ost mit Kreis Süd, Stern West oder Kreis Süd, Stern Ost mit Kreis Nord, Stern West verbindet. Damit die Fehler sich aufheben, müssen die Declinationen beider Sterne nahe einander gleich sein, am besten beobachtet man denselben Stern Ost und West. Hier wird der östliche Stundenwinkel t nahe gleich dem westlichen t_1 — eine nahe Berichtigung des Instruments vorausgesetzt — und man hat, wenn nach obiger Anordnung beobachtet ist,

$$\sin(\varphi - \delta) = \sin\varphi \cos\delta \left(\sin^2 \tfrac{1}{2}t + \sin^2 \tfrac{1}{2}t_1\right) + \left(\frac{i+i_1}{2}\right) \cos z$$

wo i die Neigung vor, i_1 die nach der Culmination bezeichnet und positiv genommen ist, wenn das Nordende der horizontalen Drehaxe des Fernrohrs zu hoch liegt.

Längenbestimmung.

25) Da es sich hier darum handelt, den Zeitunterschied zweier Orte zu ermitteln, so bieten sich für die Längenbestimmung drei verschiedene Wege dar. Erstens kann man die Zeit direct vermittelst Uhren und Chronometer übertragen. Zweitens können an beiden Orten gleichzeitige Phänomene (Pulversignale, electrische Signale, Mondfinsternisse, Verfinsterungen der Jupitertrabanten) beobachtet werden, wodurch man unmittelbar die Differenz der Ortszeiten erhält. Drittens endlich können Mondbeobachtungen zur Längenbestimmung verwandt werden. Da nämlich der Mond uns so nahe ist, so verändert sich sein auf den Erdmittelpunkt reducirter Abstand von einem anderen Himmelskörper oder einer Ebene, deren Lage für jede Zeit bekannt ist, in Folge seiner Eigenbewegung schnell genug, um die Zeit eines bestimmten Abstandes mit Sicherheit angeben zu können. Kennt man daher die Zeit eines Abstandes (sei es Berührung, wie bei Sonnenfinsternissen und

Bedeckungen, oder eine grössere Entfernung, wie bei Monddistanzen, oder endlich der Abstand von Ebenen, deren Aenderung mit der Zeit bekannt ist, wie bei Meridiandurchgängen und Zenithdistanzen) für eine bestimmte Ortszeit (z. B. Greenwicher) im Voraus und beobachtet diese Distanz an einem andern Orte, so giebt die Differenz der beobachteten Ortszeit mit der vorausberechneten Greenw. Zeit wieder die Länge, hier in Bezug auf Greenwich, an. Es ist nur zu bemerken, dass die Distanzen auf denselben festen Punkt (Erdmittelpunkt) bezogen werden müssen.

26) Was zunächst die Zeitübertragung betrifft, so ist wegen der Behandlung der Uhren auf § 4 zu verweisen. Auf der Reise kann man sich aber nie auf den Gang einer Uhr verlassen, es müssen daher stets mehrere Uhren in Anwendung kommen.

Die zweite Art bedarf hier ebenfalls kaum einer Erörterung, da die Verfinsterungen in den Ephemeriden zum Voraus berechnet sind. Wegen der unsichern Schattengrenzen giebt diese Methode aber keine zuverlässigen Resultate, die Mondfinsternisse noch weniger, als die Verfinsterungen der Jupitertrabanten, zu deren Beobachtung man überdies noch ein gutes Fernrohr haben muss. Die Verschiedenheit der Beobachter und der Fernröhre hebt man theilweise auf, wenn Eintritt und Austritt des Schattens beobachtet wird. Auch dadurch kann der Beobachter seinen und seines Instrumentes constanten Fehler theilweise bestimmen, dass er an einem bekannten Orte Verfinsterungen beobachtet und das Resultat mit anderweitig bekanntem Resultate vergleicht. — Von den Signalen fallen die electrischen auf Reisen fort, die andern dienen nur für kurze Entfernungen.

27) Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen gewähren die zuverlässigsten Resultate, sie finden jedoch nur selten statt. Für denselben Ort beträgt die Anzahl der Sternbedeckungen in einem Jahre:

für Sterne incl. 4ter Grösse: im Mittel 6, selten mehr als 9,
„ „ „ 5ter „ „ „ 20, „ „ „ 27.

Die Vorausberechnung der Finsternisse und der Sternbedeckungen findet sich in den Ephemeriden und es sind dort zugleich die Grenzen auf der Erdoberfläche angegeben, inner-

halb deren diese Erscheinungen sichtbar sind. Im N. J. sind die Bedeckungen durch den Mond nur für diejenigen Sterne angegeben, welche 4ter Grösse und heller sind, und es sind für diese Sterne Hülfsgrössen mitgetheilt, welche die Rechnung für die Ableitung der Länge aus der Beobachtung einer Bedeckung sehr erleichtert. — Tritt der Stern am hellen Mondrande ein, so ist die Beobachtung des Eintritts unsicher, da man den Stern schon oft vom Monde bedeckt glaubt, wenn dies noch nicht der Fall ist. Es ist daher zu empfehlen, am hellen Mondrande nur den Eintritt von Sternen erster und zweiter Grösse zu beobachten, die Beobachtung des Austritts am hellen Mondrande dagegen auf Sterne erster Grösse zu beschränken, es sei denn, dass der Reisende ein genügend lichtstarkes Fernrohr zur Verfügung hat. Mit einem Fernrohr von 6 Centimeter Oeffnung und 60facher Vergrösserung wird man am hellen Mondrande Sterne 4ter Grösse überhaupt nicht mehr sehen, während ein solches Fernrohr ausreichend ist um bei schmaler Mondsichel kurz nach dem Neumonde noch den Eintritt von Sternen 7ter Grösse am dunkeln, jedoch vom Erdlichte matt erleuchteten, Mondrande beobachten zu können. Es ist dringend zu rathen, die Beobachtung einer etwa stattfindenden Sternbedeckung nicht zu versäumen und sich in der Zeit kurz nach dem Neumonde nicht auf die in den Ephemeriden angegebenen Sterne zu beschränken, da die Berechnung solcher Bedeckungen ja später ausgeführt werden kann. Man richte das Fernrohr häufig auf die nächste Umgebung des Mondes, um zu sehen, ob ein hinreichend heller Stern vorhanden ist, welcher zur Bedeckung kommen kann; aus der nach einiger Zeit sichtbaren relativen Bewegung des Mondrandes gegen den Stern wird man auf die Zeit und den Ort am Mondrande für den Eintritt sowohl als auch für den Austritt schliessen können. Eine einzige gut beobachtete Sternbedeckung giebt, wenn die Bedeckung nicht zu nahe am südlichen oder nördlichen Mondrande erfolgt, und vorausgesetzt, dass man den Stand der Uhr gegen Ortszeit genau kennt, eine bessere Längenbestimmung, als mehrere Beobachtungen von Monddistanzen und Mondhöhen.

28) Eines der besten Mittel für die Längenbestimmung bieten die Monddistanzen insofern, als sich diese Beobachtungen stets, mit Ausnahme weniger Tage während des Neumondes, anstellen lassen. Die Reduction derselben ist

jedoch etwas umständlich und lässt sich nicht wohl während der Reise ausführen, weshalb hier nur Folgendes erwähnt werden mag. Die Monddistanzen sind offenbar dann am günstigsten, wenn dieselben sich am raschesten ändern. In Folge der elliptischen Mondbahn und aus einigen andern Ursachen kann die tägliche Aenderung zwischen 8 und 16 Grad schwanken, ein Beobachtungsfehler von 10″ in der Distanz bringt je nachdem einen Längenfehler von $7\frac{1}{2}$ und $3\frac{3}{4}$ Bogenminuten hervor. Beobachtungen bei niedern Höhen sind wegen der Unsicherheit der Refraction zu vermeiden. Zuweilen wird es rathsam sein, den hellern Mond etwas abzublenden, während am Tage, wenn Distanzen zwischen Mond und Sonne gemessen werden, letztere stark abgeblendet werden muss. Der Fehler, der dabei durch eine etwaige prismatische Gestalt der Blendgläser hervorgebracht werden kann, muss aber bekannt sein, oder durch Drehung der Gläser um 180° eliminirt werden.

29) M o n d h ö h e n lassen sich besonders in niedern Breiten, wo die tägliche Bewegungsrichtung nahe mit dem Verticalkreise zusammenfällt, für Längenbestimmung verwenden. Die Höhen müssen in dem Stundenwinkel genommen werden, in welchem die Eigenbewegung des Mondes den grössten Einfluss auf die Aenderung des Stundenwinkels hat. Wächst die Declination des Mondes stark, so müssen bei höhern nördlichen Breiten die Höhen im östlichen, nimmt sie stark ab, so müssen die Höhen im westlichen Stundenwinkel genommen werden. In höhern südlichen Breiten sind die Höhen dagegen im erstern Falle im Westen, im zweiten im Osten zu beobachten. Zur Eliminirung der Fehler ist erforderlich, dass stets Sternhöhen, die den Mondhöhen nahe gleich sind, zugleich mit gemessen werden, oder wenn Stern und Mond nahe gleiche Höhen haben, so beobachte man zuerst die eine Höhe und warte bis das andere Object dieselbe Höhe erreicht. Man hat dann nur die beiden Zeiten zu notiren; zur Sicherheit, dass sich das Instrument nicht verstellt hat, ist jedoch auch jedesmalige Ablesung zu empfehlen. Bei Ableitung der Länge aus Mondhöhen reducire man diese zunächst auf den Erdmittelpunkt, leite also die wahren Höhen ab. Mit einer genäherten Länge und der Beobachtungszeit nehme man α und δ für den Mond aus den Ephemeriden, berechne mit der Orts-Sternzeit T der Beobachtung und α den Stundenwinkel $t = T - \alpha$ und dann die Höhe h_0 nach § 16. Diese sollte

mit der beobachteten wahren Höhe h stimmen, wenn die Länge richtig angenommen, wenn also α und δ mit richtiger Zeit entnommen wäre. Hat aber die Länge einen Fehler von $\triangle l$ Zeitsecunden und ändern sich α und δ in 10^m um $\triangle \alpha$ und $\triangle \delta$ Bogensecunden, woraus eine Höhenänderung $\triangle h$ folgen mag, so ist

$$\triangle l = \frac{h - h_0}{\triangle h} 600$$

wo $h - h_0$ in Bogensecunden auszudrücken ist.

$\triangle h$ erhält man am bequemsten aus

$$m \sin M = \cos \varphi \cos t \qquad \cos h \sin p = \cos \varphi \sin t$$
$$m \cos M = \sin \varphi \qquad \cos h \cos p = m \cos (\delta + M)$$

(p für östl. Stundenwinkel negativ)

$$\triangle h = \cos p \,.\, \triangle \delta + \cos \delta \sin p \,.\, \triangle \alpha.$$

30) Schliesslich kann man auch noch die Mondculminationen oder die mit einem Passageninstrumente beobachteten Meridiandurchgänge des Mondes zur Bestimmung der Länge verwenden. Für die aus einem Meridiandurchgange bestimmte gerade Aufsteigung des Mondes sucht man aus der Ephemeride die Greenw. Zeit, zu welcher diese ger. Aufst. stattfand, und die Differenz zwischen dieser Zeit und der Ortszeit der Beobachtung giebt wieder die Länge.

Um an demselben Tage mehrere Mondbeobachtungen zu erhalten, kann man diese in verschiedenen Azimuten vornehmen, doch beobachte man mindestens einen Stern in demselben Azimut. Nach § 16 darf das Azimut aber nicht weit von 0^0 oder 180^0 entfernt sein, es eignet sich daher diese Methode nicht in kleinen Breiten. Da die Mondephemeriden den Mondort noch nicht mit aller Sicherheit mehrere Jahre im Voraus angeben, so ist eine definitive Berechnung aller sich auf den Mond beziehenden Beobachtungen erst später auszuführen, wenn die Correction der Ephemeride durch genaue Beobachtungen auf festen Sternwarten festgestellt ist.

Bestimmung des Azimuts.

31) Das Azimut A eines Gestirns oder der Winkel am Zenith zwischen dem Meridian und dem Verticalkreise dieses

Gestirns, wird aus der gegebenen Polhöhe φ, der Zenithdistanz z und der Declination δ erhalten nach

$$\sin \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin (s - \varphi) \cos (s - z)}{\cos \varphi \sin z}} \tag{1}$$

oder

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin (s - \varphi) \cos (s - z)}{\cos s \sin (s - \delta)}} \tag{2}$$

wo wieder

$$s = \tfrac{1}{2} (\varphi + z + \delta)$$

Ist der Stundenwinkel t bekannt, so ist noch

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t \tag{3}$$
$$\sin z \cos A = \sin \varphi \cos \delta \cos t - \cos \varphi \sin \delta.$$

Um das Azimut a eines terrestrischen Gegenstandes mit einem Reflexionsinstrumente zu bestimmen, beobachte man die Distanz desselben von einem Gestirn und reducire den gemessenen Winkel nach § 11 auf den Horizont. Dieser reducirte Winkel ist die Differenz der Azimute des Gegenstandes und des Gestirns. Das Azimut des letztern, sowie die für die Reduction nothwendige Zenithdistanz erhält man aus obigen Formeln (3) durch Rechnung, wenn die Zeit und also auch der Stundenwinkel bekannt ist. Sonst beobachte man die Zenithdistanz gleich mit und zwar beobachte man alternirend Zenithdistanz und Winkel mit dem Gegenstande, damit Alles auf denselben Zeitmoment reducirt werden kann. Kleine Zenithdistanzen müssen ausgeschlossen werden. Befinden beide Objecte sich im Horizonte, so erhält man die Azimutdifferenz unmittelbar.

32) Um das Azimut einer Richtung mit dem Universalinstrument zu bestimmen, hat man zunächst diejenige Ablesung des Horizontalkreises zu ermitteln, welche der Richtung des Fernrohres nach dem Südpunkte entspricht. Wird dann diese Ablesung von der für eine andere Richtung subtrahirt (vorausgesetzt, dass der Kreis in der Richtung von Süd durch West etc. getheilt ist), so hat man das Azimut der letztern Richtung. Ist die Zeit genau bekannt, so beobachte man irgend einen Stern in grössern Zenithdistanzen, lese den Horizontalkreis ab und subtrahire von dieser Ablesung das für die Beobachtungszeit berechnete Azimut. Ist die Zeit weniger genau bekannt, so kann man einen dem Pole nahen Stern in allen Stunden-

winkeln, oder einen andern zwischen Zenith und Pol culminirenden Stern zur Zeit der grössten Digression beobachten. Besser aber verbindet man mit der Ablesung des Horizontalkreises zugleich die des Verticalkreises, wo aber Sterne zu wählen sind, deren Zenithdistanz sich bedeutend rascher ändert als das Azimut, also wieder Serne, die sich nahe in grösster Digression befinden. Beobachtet man rasch hintereinander in beiden Lagen des Instruments, so erhält man eine Zenithdistanz z und eine Ablesung für das Azimut, die man als für das Mittel der Beobachtungszeit gültig betrachten darf. Wird mit z das Azimut berechnet und das Resultat von der Ablesung subtrahirt, so erhält man wieder den Südpunkt. Wegen der Umlegung des Instruments kann man diesen als frei vom Collimationsfehler betrachten, er ist aber noch für die Neigung i der horizontalen Axe zu corrigiren. Denkt man sich diese Axe bis zum Horizonte verlängert, so wird das eine Ende einen Punkt des Horizontes treffen, dessen Azimut um 90° grösser ist, als das beobachtete. Liegt dieses Axende zu hoch, so betrachte man die durch das Niveau ermittelte Neigung i als positiv. An das durch Rechnung gefundene Azimut ist dann die Correction $+ i \cot z$, an den eben gefundenen Südpunkt also $\div i \cot z$ anzubringen.

Behandlung und Verpackung der Instrumente beim Transport.

33) Die Vorsichtsmaassregeln, die bei der Behandlung der Uhren und der andern astronomischen Instrumente angewendet werden müssen, sind grösstentheils schon früher (§ 4 u. f.) erwähnt, so dass hier nur noch Folgendes anzuführen bleibt. — Die Uhren und Chronometer führe man auf Reisen stets bei sich und überlasse sie nicht fremden, ungeschickten Händen. Boxchronometer verpacke man in einem gut gepolsterten Kasten ohne cardanische Aufhängung, die nur auf See zu empfehlen ist und achte darauf, dass das Zifferblatt nach oben gerichtet und stets nahe horizontal ist. Beim Transport stelle man die Unruhe mittelst eines dazwischen geschobenen Papierstreifens fest und verwende das Chronometer nur dann zur Zeitübertragung, wenn der Transport ohne Stösse und Erschütterungen ausgeführt werden kann. Darauf zu achten, dass kein Staub und keine Feuchtigkeit hineindringen kann, ist selbstverständlich.

Die übrigen astronomischen Instrumente werden zunächst in einem Kasten so verpackt, dass alle Theile vollständig fest liegen, wobei jedoch für keinen Theil irgend welche Zwängung oder Spannung entstehen darf. Die ganze Verpackung muss möglichst einfach und in kurzer Zeit auszuführen sein. Grössere Kasten sind mit Handhaben zu versehen, um sie auf kurze Strecken möglichst bequem zu transportiren. Bei längerem Transporte ist dieser erste Kasten in eine zweite grössere Kiste einzuschliessen, und zwar so, dass an den Seiten ein Zwischenraum bleibt, der mit einem elastischen Polster aus Heu, Stroh etc. ausgefüllt wird. Findet ein längerer Transport zur See statt, wo die feuchte salzige Luft die Oxydation der Metalltheile so sehr begünstigt, so ist es empfehlenswerth, die zweite Kiste mit Zinkblech zu belegen und dieses luftdicht zu verlöthen. Alle Metalltheile, mit Ausnahme der Axen und Schrauben, sollen lackirt sein, die nicht lackirten Theile sind während des Transports und überhaupt während der Zeit, wo das Instrument nicht benutzt wird, mit einer Schichte von Oel oder Fett, am besten mit Rindertalg oder mit Vaseline zu bedecken, um den Luftzutritt abzuhalten. Selbst wenn ein Instrument fortwährend benutzt wird, so sind diese Theile dennoch von Zeit zu Zeit einzuschmieren und darauf mit einem reinen Lappen wieder zu reinigen, es bleibt eine hinreichend dicke Fettschicht zurück, um die Oxydation zu verhindern.

Zusatz. Wir haben gesehen, wie wesentlich es für Ortsbestimmungen ist, Beobachtungen in gleichen Höhen mit Bequemlichkeit und Sicherheit anstellen zu können. Zu diesem Zweck ist ein Instrument zu empfehlen, welches nach Art eines Theodoliten oder Universalinstrumentes eingerichtet ist, sich von diesen Instrumenten aber dadurch unterscheidet, dass es statt der genau eingetheilten Kreise ein bewegliches Höhenniveau besitzt, dessen Axe der Ebene, in welcher sich die Absehenslinie des Fernrohrs bewegen lässt, parallel gestellt werden kann und welches sich für jede Richtung des Fernrohrs fest mit demselben durch eine Klemmschraube verbinden lässt. Will man nun z. B. einen Stern in einer beliebigen Höhe beobachten, so stelle man die Umdrehungsaxe des Fernrohrs nahe horizontal, richte das Fernrohr auf den zu beobachtenden Stern und klemme es in derjenigen Höhe fest, welche der Stern bald darauf erreichen wird; ferner stelle man die Libelle so, dass die Blase

nahe in der Mitte steht und bringe sie durch die Klemmschraube mit dem Fernrohr in feste Verbindung. Hierauf beobachte man den Durchgang des Sternes an den Fäden und lese das Niveau ab. Dreht man nun das Fernrohr nach einem andern Azimut und corrigirt erforderlichen Falls die Neigung der Verticalaxe des Instruments an den Fussschrauben, — oder auch, bewegt man das Fernrohr sammt der daran festgeklemmten Libelle — bis die Blase der Libelle wieder den abgelesenen Stand erreicht, wobei aber die feste Verbindung der Libelle mit dem Fernrohr stets gewahrt werden muss, so ist das Fernohr offenbar auf einen Punkt gerichtet, welcher mit dem zuerst beobachteten Stern gleiche Höhe hat. Kleine Unterschiede wird man an der Libelle ablesen und in Rechnung bringen. — Da aber erst wenige Instrumente der beschriebenen Art verfertigt sind, so mag es hier genügen, auf dasselbe aufmerksam gemacht zu haben, ohne Weiteres über die Reduction der mit demselben angestellten Beobachtungen zu geben.

Anmerkung. Zum Gebrauche auf Reisen sind folgende astronomische und andere Tafeln besonders zu empfehlen: die nautischen Tafeln von Ligowski und Domke, die astronomischen Tafeln von Peters und die Tafeln zu geographischen Ortsbestimmungen von Albrecht. Für die logarithmischen Rechnungen genügen fünfstellige Tafeln, wie jene von Becker, Albrecht, Bremiker, Lalande, August etc. Zum eingehenderen Studium über Ortsbestimmungen dienen die betreffenden Capitel aus den Lehrbüchern über sphärische Astronomie von Brünnow, Chauvenet, Herr; aus den Lehrbüchern über Nautik und besonders Jordan, astronomische Zeit- und Ortsbestimmung.

Topographische und geographische Aufnahmen.

Von

W. Jordan.

§ 1. Allgemeines.

Bei topographischen und geographischen Aufnahmen auf Reisen handelt es sich um solche Messungen, welche mit möglichst wenig Aufwand von Zeit und Instrumenten ausgeführt werden können, d. h. möglichst in derselben Zeit, welche zum Begehen einer Gegend oder zum Bereisen eines Landes ohnehin nöthig ist, und mit Instrumenten, durch deren Gebrauch der Marsch oder die Reise nicht aufgehalten wird.

Durch diese Rücksichten wird auch die Gesammt-Anordnung der Messungen eine wesentlich andere, als bei regulären Aufnahmen von festen Wohnsitzen aus. Das wichtigste Element der letzteren Messungen, die Triangulirung, tritt auf Reisen, auch wenn zeitweilige Aufenthalte von Wochen vorkommen, vollständig in den Hintergrund, und dient nur etwa lokalen Zwecken.

Dagegen kommt ein anderes Element auf Reisen in den Vordergrund; die Itinerar-Aufnahme, d. h. die Bestimmung des durchlaufenen Weges nach Entfernungen und Richtungen, wobei die Entfernungen aus den Reise-Zeiten geschlossen, und die Richtungen am Compass abgelesen werden.

Diese Aufnahmen sind ganz entsprechend der sogenannten einfachen Schiffs-Rechnung (Curs-Rechnung) des Seefahrers, und können, wie zur See, auf gewisse mässige Entfernungen selbstständig gebraucht werden, bedürfen aber auf grössere Entfernungen der Unterstützung durch astronomische Ortsbestimmung.

Indem wir, betreffs der astronomischen Ortsbestimmung auf das vorübergehende Capitel von Tietjen verweisen, bemerken wir hier nur so viel für Denjenigen, der nicht als Astronom von Fach astronomische Messungen machen will, dass die Messung von geographischen Breiten mit einer Genauigkeit von etwa 1′ so einfach ist, dass sie von vielen praktischen Seefahrern, welche nur über die einfachsten mathematischen Kenntnisse verfügen, täglich ausgeübt wird, dagegen ist dem weniger Geübten zu rathen, sich auf astronomische Messung geographischer Längen gar nicht einzulassen, und die verfügbare Zeit lieber auf sorgfältige Itinerarführung zu verwenden.

Ein zweites astronomisch zu beschaffendes Element, die Missweisung der Magnetnadel, zur Orientirung der Itinerare, lässt sich in sehr einfacher Weise beschaffen, wie wir nachher in § 5 zeigen werden.

Hiernach können wir den Rahmen der im Nachfolgenden zu behandelnden Aufnahmen so festlegen:

Itinerare mit astronomischen Breiten genügen, wenn an einem in Länge und Breite gegebenen Punkt angeschlossen, bezw. an solchem abgeschlossen wird, auf Ausdehnung von mehreren hundert Kilometern.

Mit Itineraren ohne Breiten lässt sich bis gegen 100 km Ausdehnung immerhin Brauchbares erzielen.

Topographische Einzelaufnahmen und andere Lokalmessungen schliessen sich an den durch die Itinerare gelieferten festen Rahmen an.

§ 2. Schrittmaass.

Das Abschreiten von Entfernungen ist ein vorzügliches Mittel zur Entfernungsbestimmung auf Reisen, um so mehr, als man Wege ohnehin gehen muss.

Zu ganzen Itinerar-Aufnahmen empfiehlt sich das Schrittmaass jedoch weniger, wegen der Umständlichkeit; für ausgedehnte Itinerare eignet sich mehr die Marsch-Zeit, von der nachher (in § 3) gehandelt werden wird. Dagegen ist das Schrittmaass für Local-Aufnahmen unentbehrlich.

Der mittlere Schrittwerth eines Mannes kann rund zu 80 cm angenommen werden, mit mittleren Schwankungen von etwa 5%.

Jeder Aufnehmende soll durch Vergleichung mit anderwärts abgemessenen Linien seinen Schrittwerth bestimmen und wird finden, dass auf ebenem Boden und bei mässigen Steigungen dieser Werth, auch bei verschiedenen Zuständen der Kraft oder der Ermüdung, nur um etwa 2% schwankend ist.

Starke Abweichungen bekommt man dagegen auf geneigtem Boden. Für meinen Schritt fand ich folgendes:

Steigung aufwärts	Schrittwerth horizontal	Gefälle abwärts	Schrittwerth horizontal
0°	77 cm	0°	77 cm
5°	70 „	5°	74 „
10°	62 „	10°	72 „
15°	56 „	15°	70 „
20°	50 „	20°	67 „
25°	45 „	25°	60 „
30°	38 „	30°	50 „

Um das Schrittzählen in Gedanken zu ersparen, hat man schon mehrfach mechanische Schrittzähler construirt. Wir haben z. B. in unserer hannoverischen Sammlung ein solches Instrument, welches so mit dem Körper des Schreitenden verbunden werden soll, dass jeder Schritt mittelst einer Schnur und eines Schalthakens auf ein Zahnrad wirkt, und durch ein Uhrwerk gezählt wird.

Solche Vorrichtungen sind jedenfalls unbequem, abgesehen von der Frage, ob sie immer richtig functioniren.

In neuerer Zeit findet man im Handel viel bequemere Schrittzähler von Taschenuhr-Form wie in Fig. 1 dargestellt ist. Dieselben werden lediglich durch die Erschütterung des schreitenden Menschen in Bewegung gesetzt und registiren diese Erschütterungen durch ein Uhr-Zählwerk.



Figur 1.
Schrittzähler, natürliche Grösse.

Unser Instrument Fig. 1 zählt bis zu 25000; der grosse Zeiger zählt die einzelnen Schritte, der kleine Zeiger rechts zählt die Hundert und der kleine Zeiger links zählt die Tausend; Fig. 1 zeigt z. B.:

$$44 + 600 + 19000 \text{ oder } 19644.$$

Man wird natürlich kein solches Instrument in Gebrauch nehmen, ohne sich vorher von der richtigen Wirkung überzeugt zu haben.

Die Art des Auftretens ist nicht gleichgültig, am besten ist ein scharfer militärischer Schritt. Versuche mit Knaben und Kindern, welche noch keinen charakterfesten Schritt haben, ergaben, dass das Instrument zu viel zeigte, und zwar 10 bis 15% zu viel, unregelmässig schwankend. Für meinen Schritt fand ich Ueberzählungen von etwa 1—2%.

Auch wenn man Schritte in Gedanken zählt, ist das Anhängen und zeitweise Ablesen eines solchen Schrittzählers immerhin nützlich zur Sicherung gegen grobe Zählfehler ($\pm$ 100 Schritte.)

Ueber das Schrittmaass von Kameelen habe ich folgende Notizen, theils aus eigener Aufzeichnung, theils aus Mittheilung von Professor Ascherson: 500 Kameelschritte wurden zurückgelegt in den Zeiten: 6,4 Minuten, 7,75 Min., 6,7 Min., 7,3 Min., 8,0 Min. im Mittel 7,23 Minuten. Die Geschwindigkeit des Kamels ist im Mittel 4000 m in 1 Stunde (wie wir in dem folgenden § 3 näher zeigen werden), es ergiebt sich also ein Kameelschritt

$$= \frac{7{,}23 \cdot 4000}{60 \cdot 500} = 0{,}964$$

oder in runder Zahl kann man einen Kameelschritt = 1 m annehmen.

§ 3. Marschzeit.

Von höchster Wichtigkeit für Itineraraufnahmen ist die Geschwindigkeit des Gehens von Menschen und von Reit- oder Zugthieren.

Die Gehgeschwindigkeit des Menschen mag im Mittel 5,5 km in der Stunde betragen, ein rüstiger Fussgänger, ohne Gepäck, (ein „Tourist“), geht auch leicht 6 km in der Stunde. Die Schwankungen wegen Steigung der Strassen und wegen Ermüdung sind nicht sehr bedeutend. Als Beispiel führe ich von

einem 7stündigen Tagesmarsch auf Schwarzwaldstrassen nach Aufschreibung der Zeiten an den Strassensteinen an, dass das Tagesmittel 5,7 km für 1 Stunde war, das Maximum 6,0 km und das Minimum 5,4 km.

Hierbei war die stärkste Strassensteigung 6% oder $3\frac{1}{2}^{\circ}$.

An Bergabhängen, an welchen das Schrittmaass immer noch einige Brauchbarkeit zur Entfernungsbestimmung hat (s. o), ist dieses bei der Gehzeit nicht mehr der Fall.

Auf Entdeckungsreisen hat man es oft weniger mit der Gehgeschwindigkeit von Menschen, als mit der Geschwindigkeit von Reit- oder Zugthieren zu thun.

Ueber Reitpferde stehen uns keine Erfahrungen zu Gebot. Dagegen habe ich über die Geschwindigkeit von Kameel-Caravanen auf der Rohlfs'schen Expedition in die libysche Wüste im Winter 1873—74 eingehende Untersuchungen gemacht, deren Resultat sich (in dem Werke Physische Geographie und Meteorologie der libyschen Wüste. S. 66) so zusammenfassen liessen:

Strecke	Marschzeit		Weg in 1 Stunde
	Tage	Stunden	Kilometer
Hamrah—Farafrah	12½	91,0	3,85
Farafrah—Dachel	5	44,1	4,14
Dachel-Regenfeld	7½	51,6	3,61
Regenfeld-Siuah	14	126,5	4,02
Siuah—Beharieh	10	92,0	4,07
Beharieh—Farafrah	4	38,3	4,52
Farafrah—Dachel	3½	42,6	4,29
Dachel—Chargeh	6	53,0	4,03
Chargeh—Esneh	6	58,8	3,79
Summen	68½	597,9	
	Gesammtmittel		4,005 km in 1 Stunde

Man hat also mit grosser Uebereinstimmung im Mittel rund: 1 Kameelstunde = 4 Kilometer.

Ueber die Geschwindigkeit von Ochsen-Wagen finden wir in Petermann's Mittheilungen 1886, S. 232 in einem Berichte von Pohle über die von Herrn Lüderitz ausgerüstete Expedition nach Süd-West-Afrika die Angabe: 1000 m in 13 Minuten, oder 4,6 km in 1 Stunde.

Was die Art und Weise der Bestimmung solcher Geschwindigkeiten betrifft, so ist unbedingt die astronomische Bestimmung auf Meridian-Märschen das beste Mittel hiezu. Eine geographische Breite jeden Abend auf etwa $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Minute genau zu messen ist nicht schwer. Nun beträgt eine Breiten-Minute 1,85 km, also $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Minute rund $\frac{1}{2}$ km, d. h. bei gewöhnlichen Tagereisen nur 1—2$\frac{0}{0}$ der Entfernung.

Da man genaue Meridianlinien wohl nie einhalten kann, so stellt sich die Geschwindigkeitsberechnung im Allgemeinen so, dass man die Itinerare mit einem ersten Näherungswerth der Geschwindigkeit vorläufig durchrechnet (vergl. den späteren § 6) und dann aus den Anschlüssen an die astronomischen Breiten die Verbesserung der zuerst angenommenen Geschwindigkeit rückwärts berechnet. (So haben wir in unserem libyschen Falle die oben angegebenen Zahlen gefunden.)

Aber die unmittelbare Geschwindigkeitsmessung ist auf Reisen wohl auch ausführbar. Auf der libyschen Expedition hatten wir ein gewöhnliches Mess-Rad, welches von einem Neger zu Zeiten neben der Caravane geschoben wurde. Die dabei auftretenden Unsicherheiten wegen der Krümmungen des vom Rad befahrenen Wagens, und wegen Einsinkens im Sande u. s. w. scheinen 2$\frac{0}{0}$ nicht zu übersteigen.

Man kann auch Einrichtungen benützen, welche geradezu dem Logg des Seemanns nachgeahmt sind, z. B. Abwickelung eines langen Fadens, dessen Anfang an einem Stein verankert wird. Solche Fäden wird man oft opfern müssen, auch darf man bezüglich der Länge der Fäden auf den gewöhnlichen Faden-Spulen sich auf die beigeschriebenen Angaben, 50 m, 100 Yards u. s. w.. nicht verlassen. 5—10$\frac{0}{0}$ Fehlbetrag sind nicht selten.

Auch Abmessen von 1—2 km Länge mit einem gewöhnlichen 20 m langen Messband durch 2 Menschen, welche etwa Morgens $\frac{1}{2}$ Stunde vorausgeschickt werden, ist nicht zu schwierig.

Wenn nur diese einfachen Hülfsmittel auf Landreisen immer so pünktltch angewendet würden, wie das Logg des Seemanns, so würden die Land-Itinerare nicht schlechter, sondern besser sein, als die von Meeresströmung, Abtrift u. s. w. abhängigen Schifffahrts-Weg-Berechnungen.

§ 4. Compass.

Das wichtigste Werkzeug bei Aufnahmen auf Reisen ist der Compass, und zwar zunächst der Taschen-Compass, welcher in Fig. 2 in natürlicher Grösse gezeichnet ist.

Man findet solche Compasse allenthalben im Handel, sie haben aber fast immer eine unbequeme Theilung von 2° oder 1°. Die beste Theilung für einen Taschen-Compass ist von 10° zu 10°. denn einzelne Grade kann man von freier Hand doch nicht bestimmen, und wenn man nur auf 10° oder etwa auf 5° abliest, so sind viele Striche nur störend.



Figur 2.
Taschen-Compass, natürliche Grösse.

Auch wenn man ausnahmsweise den Taschen - Compass ruhig stellen, folglich auf etwa 1° genau ablesen kann, ist es bequemer, die Theilung nur von 10° zu 10° zu haben, und einzelne Grade zu schätzen, als die Theilung selbst auf einzelne Grade auszudehnen.

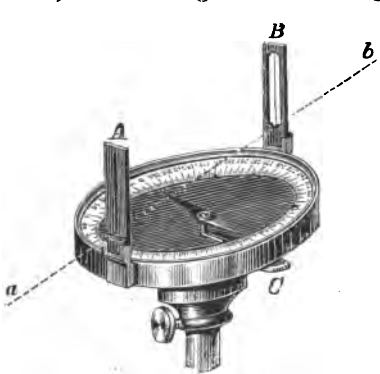
Die Taschen-Compasse haben meist einen besonderen Strich bei etwa 15° Nord-West, welcher zum Einstellen auf die Missweisung dienen soll. Da aber die Missweisung an verschiedenen Orten verschieden ist, z. B. in Deutschland zwischen 17° und 10°, so liegt in jenem Missweisungs-Strich die Gefahr, dass er auch an Orten benützt wird, wo er nicht passt; und deswegen lässt man lieber den genannten Strich ganz fort, und bringt die Missweisung nachher in Rechnung.

Die Theilung ist so angeordnet, dass von Nord nach Ost, Süd - West - Nord mit 0°, 90°, 180°, 270°, 360° durchlaufend gezählt wird.

Die gewöhnliche Anwendung des Taschen-Compasses ist diese: Man hält den Compass in freier Hand, lässt die Nadel auf 0° und 180° einspielen, und zielt mit freiem Auge über die Theilung hinweg nach dem Zielpunkt, dessen Richtung man haben will, z. B. in Fig. 2 ist angenommen, dass man eine Ziellinie BA habe mit der Peilung 140°.

Diese Methode erscheint auf den ersten Blick ungeheuer roh, man wird sich aber nach einigen Versuchen überzeugen, dass man damit auf etwa 5°—10° genau peilen kann, und das reicht für flüchtige Aufnahmen meist aus. Bedenkt man, dass man diese Methode zu Pferd oder Kameel, zu Wagen, zu Schiff, während des Gehens, kurz überall anwenden kann, wo alle anderen Mittel den Dienst versagen, so wird man diese einfache Peilmethode bei fortgesetzter Beschäftigung mit flüchtigen Aufnahmen hauptsächlich anwenden, und durch Uebung auszubilden suchen.

Eine grössere Genauigkeit, auch mehr Ruhe und Bequemlichkeit der Anwendung als der Taschen-Compass, gewährt der in Fig. 3. gezeichnete Stock-Compass. Geht man zu Fuss, so kann man denselben so anwenden, dass man den Compass selbst in der Tasche trägt, und den etwa 1,5 m langen, mit eiserner Spitze versehenen Stock als Gehstab mit sich führt. Sobald man eine Richtung peilen will, stösst man den Stock in die Erde fest, setzt den Compass auf, und kann dann mit Leichtigkeit jede Richtung auf etwa 1° genau peilen.



Figur 3.
Stock-Compass, Kreis-Durchmesser 10—15 cm.

Die Anordnung der Bezifferung ist bei dem Stock-Compass Fig. 3 entgegengesetzt der Bezifferung von Fig. 2, denn bei Fig. 3 wird eine Peilung ab dadurch genommen, dass man durch A und B zielt und an der Nadel abliest, während bei Fig. 2 die Nadel auf 0° und 180° einspielend erhalten wurde.

Oder kurz: Will man mit dem Compass Fig. 3 die Azimute von Nord nach Ost-

Süd-West zählen, so muss die Theilung von B nach A links herum gehen, so dass unter B die Zahl 0°, unter A die Zahl 180°. und etwa bei C die Zahl 270° steht.

Die Schraube C in Fig. 3 bedeutet eine Hemmung der Nadel.

Man hat noch eine dritte Art von Compassen zum Reisegebrauch, nämlich den Prismen-Compass, bei welchem (wie beim Peil-Compass zu Schiff) die Theilung sammt der Nadel horizontal schwingt, und zum gemeinsamen Ablesen mit dem Zielen nach einer festen Richtung durch ein Prisma eingerichtet ist.

Ohne anderen Erfahrungen hierüber vorgreifen zu wollen, finde ich die Prismenbussole in mancher Beziehung misslich:

Beim Beobachten aus freier Hand kommt die Nadel des Prismen-Compasses schwer zur Ruhe, und das Ablesen während des Schwingens ist schwierig, weil man mit dem Prisma nur einen kleinen Theil der Theilung übersieht.

Wenn man den Prismen-Compass ruhig stellen kann, so ist er mit dem Stock-Compass zu vergleichen.

Häufig will man dann eine grössere Zahl von Richtungen von einem Standpunkte peilen; das geht mit dem Stock-Compass, sobald er einmal gestellt ist, sehr rasch, während mit dem Prismen-Compass jede einzelne Peilung wieder eine Operation für sich ist.

§ 5. Missweisung der Magnetnadel.

Die Richtung, nach welcher die Magnet-Nadel zeigt, z. B. in Berlin jetzt etwa 13° westlich von Nord (Azimut 347°), ist nach Zeit und Ort veränderlich. Der Winkel, welchen die Magnetnadel-Richtung, der sogenannte magnetische Meridian, mit dem astronomischen Meridian eines Ortes macht, heisst die „Missweisung", dieselbe wird von Norden nach Westen oder nach Osten gezählt.

Die besten Angaben hierfür hat G. Neumayer gesammelt.*)

Der Reisende thut am besten, die magnetischen Missweisungen, welche er braucht, selbst zu bestimmen. Die hierzu nöthige astronomische Messung eines Azimutes, oder astronomische Bestimmung der Mittagslinie, ist bereits in dem vor-

*) Berghaus' Physikalischer Atlas. Herausgegeben von Prof. Dr. Hermann Berghaus. V. Abtheilung „Erdmagnetismus". Gotha, Justus Perthes 1887.

hergehenden Abschnitt von Tietjen „Bestimmung des Azimuts“ S. 36—38 behandelt worden.

Wenn man mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_2{}^0$ bis 1^0 zufrieden ist, so kann man, ohne alle feineren astronomischen Kenntnisse und Hülfsmittel, die Missweisung dadurch bestimmen, dass man mit dem Stock-Compass Fig. 3 S. 48 die aufgehende und die untergehende Sonne peilt, und aus beiden Peilungen das Mittel nimmt.

Dieses zur See sehr gebräuchliche Mittel leidet zu Lande allerdings an dem Uebelstand, dass der Horizont im Allgemeinen nicht frei, sondern durch nahe oder ferne Berge begrenzt ist. Indessen wird man doch oft so freies Feld haben, dass die fernen Höhenzüge für den vorliegenden Zweck vernachlässigt oder wenigstens als gleich hoch angesehen werden können. In den Tropen geht auch die Sonne so steil auf und unter, dass kleine Täuschungen über die Gleichheit der Höhe beim Auf- und Untergang ohne Einfluss bleiben, während in nördlichen Breiten, wo die Sonne mehr schief gegen den Horizont auf- und untergeht, die Methode nur mit Vorsicht angewendet werden kann.

Zur Veranschaulichung des Verfahrens nehmen wir ein fingirtes Beispiel: Man habe am 28. Januar 1874 auf einem Lagerplatz der libyschen Wüste unter der Breite 25^0 $11'$ mit dem Stock-Compass Fig. 3 S. 48 folgendes gepeilt:

Sonnen-Aufgang	$117{,}4^0$	von Magn.-N. über Ost.
Sonnen-Untergang . . .	$257{,}0^0$	„ „ „ „ „
Summe	$374{,}4^0$	
Mittel	$187{,}2^0$	
Astr. Azimut der Süd-Linie	$180{,}0^0$	
Magnetische Missweisung	$7{,}2^0$	westlich.

Die Zehntel Grade sind hierbei nur roh geschätzt und nicht mehr zuverlässig.

Wiederholt man dieses Verfahren mehrere Tage hintereinander, so kann man im Mittel wohl auf Genauigkeit von etwa $0{,}1^0$ kommen, hat aber zu beachten, dass streng genommen nicht das genaue Mittel aus der Aufgangs- und Untergangs-Peilung die Südlinie giebt, sondern dass wegen der stetigen Aenderung der Auf- und Untergangs-Oerter noch eine kleine Correction hinzugehört, welche $0{,}1^0$ erreichen kann.

Es kann vorkommen, dass man nicht zwei zusammen ge-

hörige Sonnenpeilungen erlangt hat (wenn man z. B. nicht rechtzeitig vor Sonnenaufgang aufgestanden ist), dann kann man auch aus einer solchen Peilung das Sonnen-Azimut, und damit die Missweisung berechnen, wenn man die Breite des Beobachtungs-Ortes und die astronomische Declination kennt.

Wir haben deshalb bei unserem Beispiel oben die Breite $25^0\ 11'$ angegeben, und das Datum 28. Januar 1874, mit welchem man aus dem astronomischen Jahrbuch die Sonnendeclination $\delta = -\ 18^0\ 10'$ entnimmt. Damit berechnet man das Sonnen-Azimut a genähert aus der Gleichung:

$$\cos a = \frac{-\sin \delta}{\cos \varphi} = \frac{\sin\ 18^0\ 10'}{\cos\ 25^0\ 11'} \qquad a = 69^0\ 51'$$

Dieses ist das Azimut der untergehenden Sonne, gezählt von Süden über Westen. Oder das Azimut von Norden über Osten $= 69^0\ 51' + 180^0 = 249^0\ 51' = 249{,}85^0$. Hat man also die untergehende Sonne mit $257{,}0^0$ gepeilt, so ist die Missweisung $= 7{,}15^0$ westlich oder rund $7{,}2^0$ wie oben.

Das Sonnen-Azimut bei irgend welcher Tageszeit lässt sich ebenfalls berechnen, und kann in manchen Fällen benützt werden.

Die Tageszeit müsste allerdings selbst wieder astronomisch bestimmt werden, indessen kann man sich hierzu ebenfalls der auf- und untergehenden Sonne bedienen, wie zu den correspondirenden Compass-Ablesungen. Man schreibt einfach die Zeiten für Aufgang und Untergang nach der Taschen-Uhr auf, und nimmt das Mittel für den wahren Mittag.

Auch sogar nur die Notirung für den Aufgang oder den Untergang kann zur Zeitbestimmung dienen, wie folgendes Beispiel zeigt: In einem Tagebuch von Professor Ascherson auf dem Wege von Dachel nach Farafrah fand ich die Angabe: 20. Februar 1874 „$6^h\ 42^m$ Sonnenaufgang ziemlich aus der Ebene.“ Die Breite war etwa $26^0\ 45'$. Die Sonnendeclination ist für 20. Febr. 1874 Morgens $\delta = -\ 10^0\ 57'$, damit berechnet man den Stundenwinkel t der aufgehenden Sonne aus der Gleichung:

$$\cos t = \frac{\sin\ h - \sin \varphi\ \sin \delta}{\cos \varphi\ \cos \delta}$$

wo $h = -\ 0^0\ 35'$ zu setzen ist, als wahrer Höhenwinkel des durch Refraction scheinbar gehobenen Sonnen-Mittelpunktes.

Die Ausrechnung vorstehender Formel giebt: $t = 85^0\ 4'$ oder $t = 5^h\ 40^m$ in Zeit von Mittag an gezählt, d. h. $6^h\ 20^m$ in üblicher Weise von Mitternacht gezählt. Wenn die Uhr $6^h\ 42^m$ zeigte, so ging sie also $0^h\ 22^m$ vor, oder sie verlangte eine Stand-Correction $= -\ 0^h\ 22^m$ gegen „wahre“ Zeit. Gegen „mittlere“ Zeit käme noch die Zeitgleichung mit $+\ 14^m$ hinzu, also mittlere Zeit $= 6^h\ 20^m + 14^m = 6^h\ 34^m$, was gegen die Uhr $6^h\ 42^m$ eine Correction $= -\ 8^m$ giebt.

Uebrigens interessirt uns in solchen Fällen gerade die wahre Zeit.

Aus dem Stundenwinkel t der Sonne (wahre Zeit) kann man das Azimut a berechnen durch die Gleichung:

$$\operatorname{cotg} a = \operatorname{cotg} t \sin \varphi - \operatorname{cosec} t \operatorname{tang} \delta \cos \varphi$$

Wir nehmen beispielsweise $\varphi = 27^0$, $\delta = -\ 10^0$, $t = 1^h = 15^0$, und berechnen $a = 23^0\ 29'$ und, in runden Zahlen, für mehrere Tage nahe dem 20. Februar, in der Breite 27^0 gültig:

$t =$	7^h	8^h	9^h	10^h	11^h	12^h	Vormittag
oder	5^h	4^h	3^h	2^h	1^h	12^h	Nachmittag
$a =$	74^0	66^0	56^0	42^0	23^0	0^0	östl. oder westl.

Dieses hier durchgerechnete Beispiel bezieht sich auf das schon erwähnte Tagebuch von Professor Ascherson, welcher sein Itinerar von Dachel nach Farafrah, 16.—21. Februar 1874, zum Theil dadurch bestimmte, dass er den Winkel der jeweiligen Schattenrichtung mit der Wegrichtung schätzte.

Dieses Verfahren, Azimute zu bestimmen (welches im Alterthum das einzige war), mag immer noch unter Umständen von Nutzen sein. Es kann vorkommen, dass man wohl eine richtig gehende Uhr, aber keinen Compass bei sich hat. Wenn dann etwa ein Punkt in der Schattenrichtung selbst liegt, so braucht man nur die Zeit dazu aufzuschreiben, um eine sehr gute Peilung berechnen zu können. Oder man kann auch Notizen haben wie diese: Sonnenuntergang 2 Handbreiten rechts von einem Punkte P; dann rechnet man rund 2 Handbreiten etwa $= 20^0$, und kann das Azimut von P damit berechnen.

(Die Sonnen-Azimute für die drei Breiten 45^0, 50^0, 55^0 sind von 1^h zu 1^h berechnet in des Verfassers „Grundzüge der astr. Zeit- und Ortsbestimmung,“ Berlin 1885. S. [15].)

§ 6. Berechnung und Aufzeichnung eines Itinerars.

Hat man die einzelnen Strecken und Compass-Peilungen eines Itinerars, so kann man mit Maassstab und Protractor das Itinerar zu Papier bringen.

Für den Protractor hat man verschiedene Formen. Wir haben für solche und ähnliche Zwecke den Protractor Fig. 4 anfertigen lassen. Derselbe besteht im Wesentlichen aus einem Halbkreis mit Theilung von 1°, mit zwei Bezifferungen, von denen 270° . . 0′ . . 90° auswärts, 90° . 180° . 270° einwärts gelten. Um den Mittelpunkt C dreht sich eine Alhidade, deren zwei Zieh-Kanten E und E' jedoch nicht durch C selbst gehen, wie überhaupt der Theilungsmittelpunkt C niemals auf einen bestimmten Punkt der Zeichnung gestellt zu werden braucht.

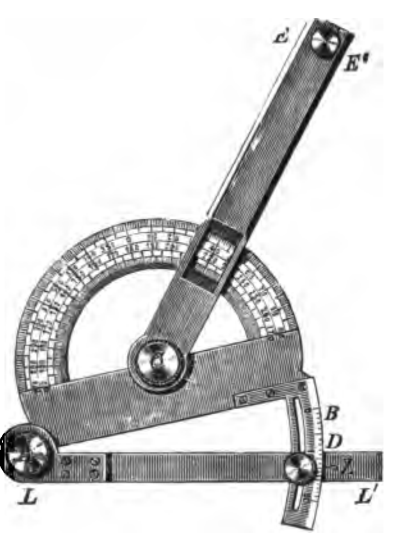


Fig. 4.
Protractor. Kreisdurchmesser 10 cm.

Der Bogen BD mit dem drehbaren Ansatz-Arm LL' dient dazu, um die magnetische Missweisung zu berücksichtigen. Hat man z. B. 7° westliche Missweisung, so stellt man den Zeiger Z auf 7° der kleinen Theilung BD.

Legt man nun die Kante LL' an eine Reis-Schiene, und stellt den Arm EE' z. B. auf 40°, so macht jede an der Kante E oder E' gezogene Linie den Winkel 40°—7° mit der Normalen zur Schiene LL', wie es sein soll.

Indem man also den Protractor Fig. 4 an der Schiene LL', verschiebt und die Schiene selbst auf dem Reisbrett beliebig stellen kann, kann man alle Richtungen auftragen, also auch mit Zuziehung des verjüngten Maassstabes ein Itinerar aufzeichnen.

Obgleich diese Methode an sich fast immer ausreichend ist, empfiehlt es sich doch in den meisten Fällen, die Itinerare nach Coordinaten zu b e r e c h n e n, d. h. jede Strecke s mit $\sin\alpha$ und $\cos\alpha$ zu multipliciren, ebenso wie der Landmesser seine polygonalen Züge berechnet.

Die Producte $s \sin\alpha$ und $s \cos\alpha$ kann man auf verschiedene Weise ausrechnen. Wir haben dafür die Tafel I

des Anhangs zusammengestellt, welche wohl immer unmittelbar ausreichen wird, wenn die Peilungen mit dem Taschen-Compass von freier Hand genommen sind, denn dann hat man doch keine schärferen Ablesungen als 5°.

Wir behandeln nun ein vollständiges Zahlenbeispiel der Itinerarberechnung eines Marsch-Tages, und nehmen hierzu

3. März 1874. Siuah-Beharieh.

Pause	Zeit t	Zeit-Unterschied s	Peilung α	$s \sin \alpha$ +	$s \sin \alpha$ −	y	$s \cos \alpha$ +	$s \cos \alpha$ −	x	Zeit-Punkte
h m				+	−	+	+	−	−	
	6 h 40 m					0,0			0,0	
		20	100°	19,7				3,5		
	7 0					19,7			3,5	
		60	105°	58,0				15,5		
	8 0					77,7			19,0	8 h 0 m
		65	90°	65,0				0,0		
	9 5									
0 15						142,7			19,0	9 h 5 m 9 h 20 m
	9 20									
		20	90°	20,0				0,0		
	9 40					162,7			19,0	
		42	80°	41,4			7,3			
	10 22					204,1			11,7	
		23	130°	17,6				14,8		
	10 45					221,7			26,5	10 h 45 m
		75	105°	72,4				19,4		
	12 0					294,1			45,9	12 h 0 m
		40	115°	36,3				16,9		
	12 40					330,4			62,8	
		25	100°	24,6				4,3		
	1 5					355,0			67,1	1 h 5 m
		10	140°	6,4				7,7		
	1 15									
0 15						361,4			74,8	1 h 15 m 1 h 30 m
	1 30									
		60	140°	38,6				46,0		
	2 30					400,0			120,8	2 h 30 m
		20	120°	17,8				10,0		
	2 50					417,3			130,8	2 h 50 m
		30	120°	26,0				15,0		
	3 20					443,3			145,8	
		20	110°	18,8				6,8		
	3 40					462,1			152,6	
		35	120°	30,3				17,5		
	4 15					492,4			170,1	4 h 15 m
		40	130°	30,6				25,7		
	4 55					523,0			195,8	
		10	85°	10,0			0,9			
	5 5					533,0			194,9	
		15	120°	13,0				7,5		
	5 20					546,0			202,4	
		22	115°	19,9				9,3		
	5 42 (17h42m)					565,9			211,7	5 h 42 m
0 30	11 h 2 m = 662 m	632		+565,9	— 0,0		+8,2	-219,9		
				+ 565,9 = [$s \sin \alpha$]			—211,7 = [$s \cos \alpha$]			

Probe: 662 — 30 = 632

den 3. März 1874 der libyschen Expedition, mit 11^h 2^m Kameelreise, worunter 30 Minuten Pause, also 10^h 32^m = 632^m wirkliche Marschzeit.

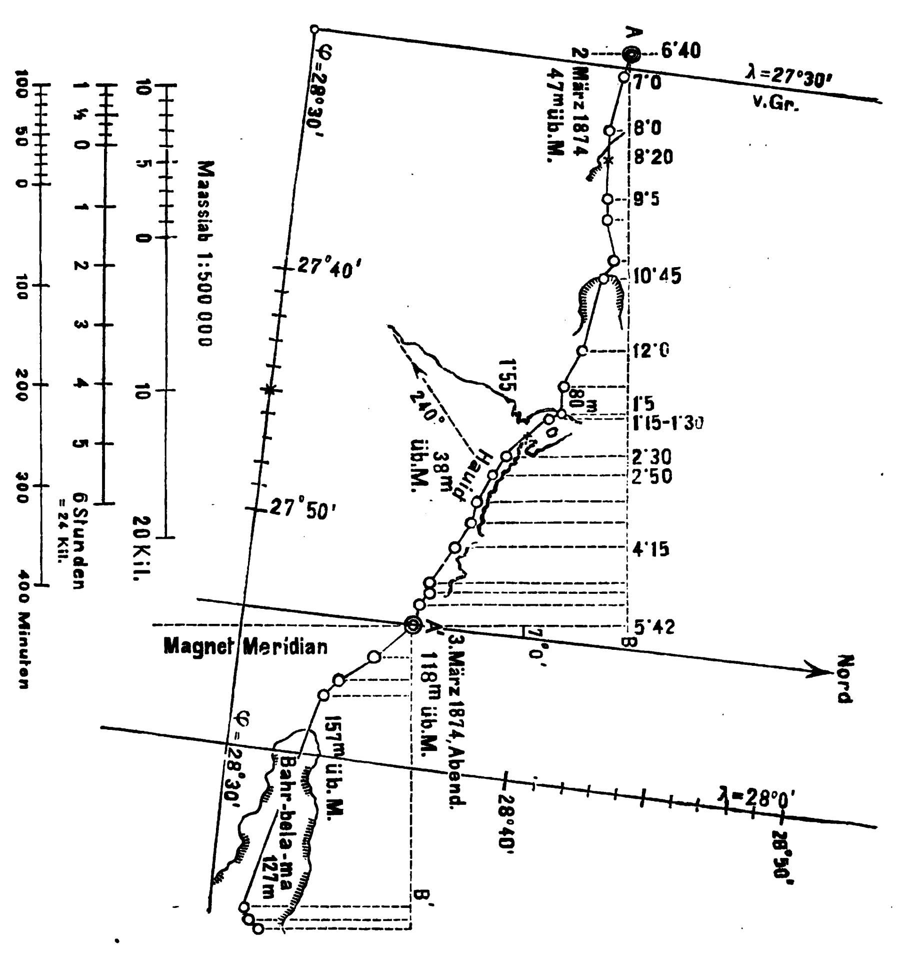


Fig. 5.
Aufzeichnung einer Itinerar-Strecke,
AA' = Tagesmarsch 3. März 1874.

Die einzelnen Theile dieser Rechnung werden wohl an und für sich verständlich sein. Die $+X$-Axe des Coordinaten-Systems ist der nördliche Zweig des magnetischen Meridians. In der letzten Spalte S. 54 sind noch einmal diejenigen Zeitpunkte besonders ausgesetzt, welche nachher bei der Aufzeichnung gebraucht werden.

Diese Aufzeichnung nach Coordinaten ist in der Fig. 5 S. 55 dargestellt.

Wir haben in Fig. 5 nicht blos die Aufzeichnung der auf S. 54 nach Coordinaten berechneten Itinerarstrecke, sondern auch deren Einpassung in das Grad-Netz einer geographischen Karte behandelt.

Indem wir zunächst die bei solcher Einpassung unvermeidlichen mehr oder weniger störenden und auszugleichenden Missstimmigkeiten ausser Betracht lassen, und die magnetische Missweisung, $7^0\ 0'$, als bekannt annehmen, haben wir zu Fig. 5 nur noch Weniges zu sagen:

Nachdem der Maassstab, 1:500000, im Ganzen entschieden ist, wird noch eine Skale für Kameelstunden (1 Stunde = 4 Kilometer) und eine weitere Skale für Kameelreise - Minuten (100 Minuten = 1,667 Stunden = 6,667 Kilometer) angelegt.

Die Ordinaten-Axe AB und die Abscissen-Axe $A'B$ werden so gelegt, dass $A'B$ den Winkel $7^0\ 0'$ (Missweisung) mit dem Meridian von A' bildet. Dann sticht man die Ordinaten y auf AB ab, ($+\ y$ nach rechts) und die Abscissen rechtwinklig hinzu ($-\ x$ nach unten), und so werden die 18 Zwischenpunkte zwischen A und B erhalten. In der Zeichnung haben wir alle diese Punkte mit kleinen Kreisen umgeben, und das Reise-Polygon mit scharfen Ecken (nicht abgerundet) durchgezogen. Die zwei Punkte für $8^h\ 20^m$ und für $1^h\ 55^m$ sind nicht durch Coordinaten unmittelbar bestimmt, man trägt dieselben ein durch Interpolation zwischen die Nachbarpunkte. (In Fig. 5 sind diese zwei Punkte für $8^h\ 20^m$ und für $1^h\ 55^m$ mit $\times$ bezeichnet.

An das feste Gerippe des Itinerar-Polygons kann man nun alle Local-Aufzeichnungen anfügen, welche man unterwegs in Handrissen oder Peilungen gemacht hat.

Z. B. die Senkung Hauid, in welche um $1^h\ 5^m$ hinabgestiegen wurde, ist im Wesentlichen nur durch Handrisse nach dem Augenmaass unterwegs aufgenommen, bei $1^h\ 55^m$ waren links und rechts Gebirgsvorsprünge; um $2^h\ 50^m$ wurde der

rechts auslaufende Felsen-Rand mit 240° gepeilt, und auf etwa 10 Kilometer Entfernung geschätzt.

Die in Fig. 5 eingeschriebenen Zahlen als Höhen über dem Meer sind aus Aneroid-Aufzeichnungen berechnet worden, worüber später in § 13 u. ff. gehandelt werden wird.

§ 7. Anschluss des Itinerars an astronomische Längen- und Breiten-Messungen.

Grad-Eintheilung der geographischen Karten.

Durch die Coordinaten-Berechnung von § 6 S. 54 kann ein Tages-Itinerar in eine gerade Linie S mit einem Azimut α_0 zusammengefasst werden. Hierzu dienen die Projections-Summen $[s \sin \alpha]$ und $[s \cos \alpha]$, welche auf folgende Gleichungen führen:

$$\operatorname{tang} \alpha_0 = \frac{[s \sin \alpha]}{[s \cos \alpha]},$$

$$S = \frac{[s \sin \alpha]}{\sin \alpha_0} \text{ oder } = \frac{[s \cos \alpha]}{\cos \alpha_0}$$

$$\text{oder auch } S = \sqrt{[s \sin \alpha]^2 + [s \cos \alpha]^2}$$

Die Anwendung auf unser Beispiel S. 54 giebt:

$$\begin{array}{lll} [s \sin \alpha] = +\,565{,}9 & \log\ 565{,}9 = 2.75274 & \\ & \phantom{\log\ 565{,}9 =}\ 0.02846 & \Big\} S \\ [s \cos \alpha] = -\,211{,}7 & \log -211{,}7 = 2.32572\ n & \\ \alpha_0 = 110^0\,31' & \log \operatorname{tang} \alpha_0 = 0.42702\ n & \\ S = 604{,}2 & \log S\ \ 2.78120 & (1) \end{array}$$

Dieses Mittel-Azimut $\alpha_0 = 110^0\,31'$ bezieht sich auf den magnetischen Meridian, indem wir die Missweisung nach § 5 als gemessen $= 7^0\ 0'$ westlich voraussetzen, haben wir nun:

$$\begin{array}{lrr} \text{Magnetisches Azimut} & \alpha_0 = 110^0\,31' & \\ \text{Missweisung westlich} & 7^0\ \ 0' & \\ \hline \text{Astronomisches Azimut} & \alpha = 103^0\,31' & (2) \end{array}$$

Hierzu reduciren wir auch die oben berechnete Entfernung S auf Kilometer, es war nämlich zunächst $S = 604{,}2$ Minuten $= \frac{604{,}2}{60} = 10{,}07$ Stunden oder, da eine Stunde $= 4$ Kilometer ist,

$$S = 40{,}28 \text{ Kilometer.} \qquad (3)$$

Wenn man die mittlere geographische Breite φ einer Itinerarstrecke näherungsweise kennt, so kann man aus der Entfernung S und dem astronomischen Azimut α einer Strecke auch den geographischen Breitenunterschied $\Delta\varphi$ und den geographischen Längenunterschied $\Delta\lambda$ berechnen, welche zum Eintragen des Itinerars in eine geographische Karte oder zur Vergleichung mit astronomischen Ortsbestimmungen gebraucht werden.

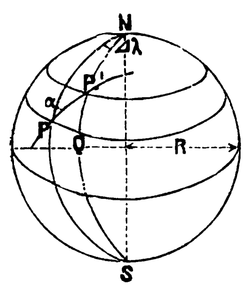


Fig. 6.
Breitenunterschied $\Delta\varphi$
Längenunterschied $\Delta\lambda$

In Fig. 6 sind P und P' zwei Punkte, deren Breiten φ und φ' sind, deren Breitenunterschied folglich $= \varphi' - \varphi = \Delta\varphi$ ist, deren Längenunterschied ferner $= \Delta\lambda$ ist. Der Halbmesser der als kugelförmig betrachteten Erde sei R, dann ist für den Parallelkreisbogen PQ mit der Breite φ der Parallelkreishalbmesser:

$$r = R \cos \varphi. \tag{4}$$

Das kleine Dreieck PQP', welches bei Q rechtwinklig ist, kann man als eben behandeln, und hat daher:

$$QP' = PP' \cos \alpha \qquad PQ = PP' \sin \alpha \tag{5}$$

Ist nun $\Delta\varphi$ die Breiten-Differenz in Gradmaass und $\Delta\lambda$ die Längen-Differenz in Gradmaass, so bestehen, da R der Halbmesser für den Bogen QP' ist, und r der Halbmesser des Bogens PQ, die Gleichungen:

$$QP' = R \frac{\Delta\varphi}{\varrho} \text{ und } PQ = r \frac{\Delta\lambda}{\varrho} \tag{6}$$

wo $\varrho = 57{,}296^0$ oder $3437{,}7'$ ist.

Setzt man ausserdem PP' kürzer $= S$, wie oben in (3). so folgen aus (4), (5) und (6) die Gleichungen:

$$\Delta\varphi = \frac{S}{R} \varrho \cos \alpha \qquad \Delta\lambda = \frac{S}{R} \frac{\varrho}{\cos \varphi} \sin \alpha \tag{7}$$

oder, da S in Kilometern gezählt wird, mit Einsetzung von $R = 6370$ und $\varrho = 3437{,}7'$:

$$\Delta\varphi = 0{,}53968\, S \cos \alpha \qquad \Delta\lambda = 0{,}53968 \frac{S \sin \alpha}{\cos \varphi} \tag{8}$$

Die Anwendung dieser Formeln (8) auf die oben bei (2)

und (3) berechneten Werthe $\alpha = 103^0\ 31'$ und $S = 40{,}28$ Kilometer, nebst der Mittelbreite $\varphi = 28^0\ 40'$ giebt die Resultate:

$$\varDelta\varphi = -\ 5{,}08' \qquad \varDelta\lambda = +\ 24{,}09' \tag{9}$$

d. h. der Tages-Marsch vom 3. März 1874 erstreckte sich rund 5′ nach Süden und 24′ nach Osten..

Diese letzte Berechnung, in Verbindung mit dem, was bereits in § 6 zu Fig. 5 gesagt wurde, führt noch dazu, die nöthigsten Zahlenwerthe zur Construction der Gradnetze geographischer Karten vorzuführen. Wir haben diese nöthigsten Zahlenwerthe in der Tabelle II des Anhangs zusammengestellt.

Ohne weiter auf die Theorie der Karten-Projectionen einzugehen, bemerken wir nur soviel, dass man mit diesen Zahlen immer rasch ein Grad-Netz, bezw. mit Minuten-Eintheilung aufzeichnen kann. Man beginnt mit der Construction der Trapeze, welche in dem Mittelmeridian sich richtig darstellen lassen. Dieselben Trapeze trägt man auch links und rechts weiter, was bei Ausdehnungen bis etwa 5—10^0 ohne erhebliche Verzerrungen möglich ist. —

Auch Berechnungen von der Art wie die vorstehenden (2) (3) und (9) kann man durch die Hülfstafel II erleichtern. Hat man $S = 40{,}28$ Kilometer und $\alpha = 130^0\ 31'$, so berechnet man zunächst $S \cos \alpha = 9{,}41$ und $S \sin \alpha = 39{,}16$; für die Mittelbreite rund 29^0 giebt die Tafel II:

$$10' \text{ Breite} = 18{,}47 \text{ km} \qquad 10' \text{ Länge} = 16{,}24 \text{ km}$$

also

$$\varDelta\varphi = \frac{9{,}41}{18{,}47}\, 10' = 5{,}1' \qquad \varDelta\lambda = \frac{39{,}16}{16{,}24}\, 10' = 24{,}1'$$

dies ist im Wesentlichen dasselbe wie oben bei (9).

§ 8. Fehler-Theorie der Compass-Itinerare.

Die einfachen theoretischen Gesetze über Fehler-Fortpflanzung in Compass-Itineraren sind für den Praktiker so wichtig, und geben so werthvolle Fingerzeige, dass sie hier nicht umgangen werden können.

Wir wollen ein ideales Itinerar annehmen, welches nahezu gradlinig sich in n gleich langen Strecken s auf die Entfernung S ersteckt, also:

$$S = ns \quad , \quad n = \frac{S}{s} \tag{1}$$

Der mittlere Compass-Peilungsfehler sei $= \delta$, dann ist die mittlere Querabweichung m für die Strecke s gegeben durch:

$$m = s\delta \text{ oder } = s \frac{\delta^0}{\varrho^0} \tag{2}$$

je nachdem δ in analytischem Maass oder δ^0 in Gradmaass genommen ist.

Setzt man nun n solcher Strecken zusammen, so ist, nach dem theoretischen Fehlerfortpflanzungsgesetz der Methode der kleinsten Quadrate, die mittlere Querabweichung M des letzten Punktes:

$$M = \sqrt{(s\delta)^2 + (s\delta)^2 + \ldots (s\delta)^2} = \sqrt{n\,(s\delta)^2} = s\delta\sqrt{n}$$

oder mit Einsetzung von n aus (1):

$$M = s\delta\sqrt{\frac{S}{s}} = \delta\sqrt{Ss} \tag{3}$$

Zur Veranschaulichung mag ein Zahlenbeispiel dienen: Ein Tagesmarsch von 10 Stunden = 40 Kilometer sei halbstündig gepeilt, also $n = 20$ und $s = 2$ Kilometer, der mittlere Peilungsfehler sei $\delta^0 = \pm 10^0$, hiernach ist:

$$M = \frac{10^0}{57{,}3}\sqrt{40 \times 2} = \pm 1{,}56 \text{ km} \tag{4}$$

Trotz der beträchtlichen Annahme $\delta^0 = \pm 10^0$ beträgt der Schluss-Querfehler doch nur etwa $1^1/_2$ Kilometer, d. h. auf einem West-Ost-Marsch kaum so viel als ein astronomischer Beitenfehler von 1′.

Aus dem mittleren Querabweichungsfehler (3) berechnet man auch den mittleren Richtungsfehler der Gesammtlinie L, nämlich:

$$\varDelta = \frac{M}{S} = \delta\sqrt{\frac{s}{S}} \text{ oder } = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \tag{5}$$

Die Anwendung auf das Beispiel (4) giebt:

$$\varDelta = 10^0\sqrt{\frac{2}{40}} = \pm 2{,}2^0 \tag{6}$$

Man sieht hieraus deutlich, wie günstig das fortgesetzte Peilen wirkt. Nach der zweiten Form von (5) nimmt der

mittlere Richtungsfehler Δ einer Linie S mit der Quadratwurzel aus der Anzahl der Peilungen ab.

Gut geführte Itinerare pflegen so gut zu stimmen, dass, wer sich zum erstenmal damit beschäftigt, sich wundern muss. Die vorstehende Theorie macht das ganz begreiflich.

Was die Ausgleichung von Itinerarfehlern betrifft, so soll man die Richtungsfehler durch Drehen ohne Formverschiebung wegschaffen, wozu am einfachsten die Aufzeichnung auf Pauspapier benützt wird. Die Längenfehler werden durch proportionales Strecken oder Verkürzen getilgt.

Uebrigens kommen bei der Ausgleichung immer auch die Fehler der astronomisch bestimmten Anschlusspunkte in Frage, weshalb eine gute Ausgleichung nur dann gelingen wird, wenn das Itinerar und die astronomische Ortsbestimmung in der Hand eines Bearbeiters liegen, der überall weiss, wo und wie viel er etwa nachgeben kann.

§ 9. Locale Aufnahmen durch Abschreiten und Compass-Peilen.

Die Verbindung der in § 2, § 4 und § 6 behandelten Operationen genügt zur Aufnahme mässiger Gebiete von etwa 1 Kilometer Ausdehnung, und giebt, wenn noch Handriss-Zeichnung nach Augenmaass hinzukommt, verhältnissmässig sehr gute Resultate.

Als Beispiel hiefür nehmen wir die Oase Farafrah, welche vom Verfasser am 1. Januar und 12. März 1874 im Wesentlichen so aufgenommen wurde (s. Fig. 7 folg. Seite).

Sowohl das Dorf (Gassr) als auch der Palmenwald wurden je in einem Polygon umschritten, dabei die Schrittzahlen und Compass-Peilungen der Polygonseiten aufgeschrieben, und die Einzelheiten durch Handrisszeichnung nach Augenmaass aufgenommen. Diese Einzelheiten können auch nach dem ersten Umschreiten nochmals vervollständigt werden, und in der Zeichnung durch weitere örtliche Peilungen und Schrittmaasse versichert werden.

Die Compass-Peilungen sind in diesem Falle nur mit dem Taschen-Compass Fig. 2 § 4 S. 47, also nur auf 5^0—10^0 genau gemacht. Jetzt würde ich (nach inzwischen gemachten Erfahrungen) für solchen Zweck unbedingt den Stock-Compass Fig. 3 § 4 S. 48 anwenden, welcher Peilung auf 1^0 giebt, und auch insofern angenehm ist, als er, einmal in den Boden gesteckt, beide Hände zum Zeichnen u. s. w. freilässt.

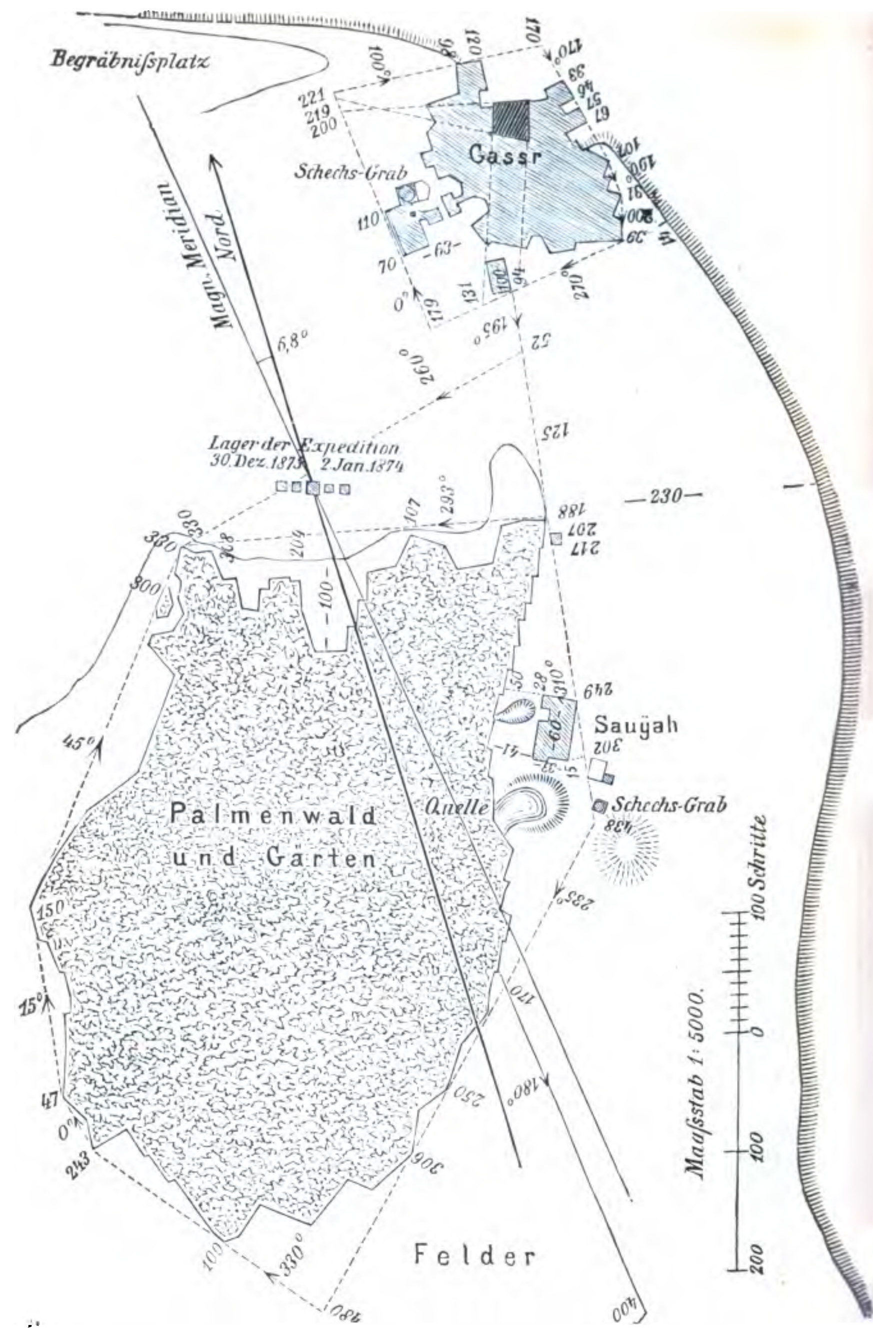


Fig. 7. Aufnahme der Oase Farafrah. Durch Abschreiten und Compass-Peilen.

In Fig. 7 sind die Schrittmaasse auf jeder Geraden durchlaufend, wie bei Kataster-Handrissen, eingeschrieben. Die Compasspeilungen sind durch Pfeilspitzen mit beigeschriebenem Azimut angedeutet. Einzelne örtliche Schrittmaasse sind durch beigesetzte Striche (z. B. —60— und —33— als Gebäudedimensionen der Sauyah) von den Maassen des grundlegenden Polygons unterschieden. (Uebrigens enthält die Fig. 7 nicht alle wirklich aufgeschriebenen Maasse, von denen ein Theil der Uebersichtlichkeit wegen weggelassen ist.)

Das Dorf (Gassr) hat folgendes Umfangs-Polygon, mit Anfang an der südöstlichen Ecke:

179	Schritte	mit	Richtungspeilung	270^0
221	„	„	„	0^0
170	„	„	„	100^0
107	„	„	„	170^0
31	„	„	„	190^0
39	„	„	„	200^0

Der Palmenwald hat mit Anfang an der nordöstlichen Ecke folgende Maasse:

$(-188 + 438) = 250$	Schritte	mit	Peilung	195^0
480	„	„	„	235^0
243	„	„	„	330^0
47	„	„	„	0^0
150	„	„	„	15^0
330	„	„	„	45^0
308	„	„	„	$293^0 - 180^0 = 113^0$

Diese beiden Polygone hängen unter sich zusammen durch die Linie 188 Schritte mit 195^0, und die schiefe Bindung 330 Schritte mit 260^0.

Nach diesen Maassen kann man auf dem Zeichenbrett mit dem Protractor Fig. 4 § 6 S. 53 und mit verjüngtem Maassstab den Polygon-Rahmen aufzeichnen, die dabei auftretenden Schlussfehler muss man nach Gutdünken vertheilen,*) feste

*) In mancher Beziehung ist es besser, diese Polygone nach Coordinaten zu berechnen, ähnlich wie die Itinerare § 6. Man bekommt in unserem Fall für das Dorf einen Schlussfehler von 12 Schritten in y, 19 Schritten in x; für den Palmenwald 24 Schritte Fehler in y, 2 Schritte in x. Wären die Peilungen nicht blos von freier Hand (Fig. 2 S. 47), sondern mit dem Stock-Compass (Fig. 3 S. 48) genommen, so würden der Schlussfehler geringer. Der Zweck ist aber auch so noch genügend erreicht.

Regeln giebt es hiefür nicht. An den festen Polygon-Rahmen kann man nun alle Handrissnotizen anschliessen.

Nach Vollendung der Aufzeichnung kann man auch eine Flächenbestimmung vornehmen. Eine Messung mit dem Planimeter gab in diesem Falle die Fläche des Palmenwaldes = 10 Hektare und die Fläche des Dorfes = 1,2 Hektare (mit etwa 300 Einwohnern).

Weitere allgemeine Regeln als die im Vorstehenden behandelten lassen sich für solche Aufnahmen nicht wohl aufstellen; gewandtes Zeichnen ist hiebei jedenfalls die Hauptsache.

§ 10. Aufnahme entfernter und ausgedehnter Objecte.

Ein fernes Object, z. B. eine Bergspitze, wird am sichersten dadurch aufgenommen, dass man seine Richtung an verschiedenen Stellen des Itinerars peilt. Nachdem das Itinerar aufgetragen ist, kann man dann die Peilstrahlen nach dem fraglichen Objecte ziehen, und bekommt in den mehr oder weniger zusammenschliessenden Schnitten der Strahlen die Lage des Objectes; mehr als zwei Peilungen zu nehmen, ist natürlich immer räthlich.

Wenn es sich nur je um ein Object handelt, so bietet diese Methode keine Schwierigkeit, man braucht dann nur im Tagebuch neben den Marschzeitangaben und den Peilungen des Itinerars die besonderen Peilungen nach dem fernen Object zu notiren.

Wir haben, wie schon früher erwähnt, in Fig. 5, § 6, S. 55 eine solche Peilung beispielshalber eingeschrieben. In der Senkung Hauid wurde um $2^h\ 50^m$ der südwestliche auslaufende Felsrand unter 240^0 gepeilt (zugleich die Entfernung auf rund 10 km geschätzt).

Mehrere solcher Peilungen in genügenden Abständen bestimmen einen Punkt mit aller wünschenswerthen Genauigkeit.

Bei einer grossen Aufnahme hat man es aber durchaus nicht blos mit je einem Object zu thun, sondern man muss alle im Horizont sichtbaren Objecte in's Auge fassen, und das wird am besten erreicht durch Aufzeichnung perspectivischer Skizzen mit eingeschriebenen Peilungen. Auf der libyschen Expedition stellte ich auf den Lagerplätzen und ausnahmsweise

unterwegs an wichtigen Punkten, den Theodolit mit grosser Bussole auf, womit die Azimute aller Objecte des Horizonts jedenfalls auf 1^0 genau erhalten wurden. Zugleich wurden dabei Höhenwinkel gemessen, von denen später noch die Rede sein wird.

Eine solche Panoramenaufnahme des Gebirgsrandes der Oase Dachel ist in Fig. 9, S. 66 gezeichnet, und ein Theil hiervon ist in Fig. 8 (siehe unten) nach einer Photographie von Herrn Remele noch besonders heraus gezeichnet.

Der rohe Holzschnitt Fig. 9, S. 66 und die feine Ausführung Fig. 8, s. u., können die Grenzen der Darstellungsart für solche Fälle veranschaulichen. Hat man auch keine photographische Treue, so soll man die Handrisse wenigstens landschaftlich-zeichnerisch, soweit die Zeit reicht, behandeln.

Fig. 9, S. 66 unterscheidet sich auch dadurch von der Photographie Fig. 8, dass erstere (Fig. 9, S. 66) überhöht (fünffach) gezeichnet ist. Die mit dem Theodolit gemessenen Azimute und Höhenwinkel sind an den einzelnen Punkten beigeschrieben.

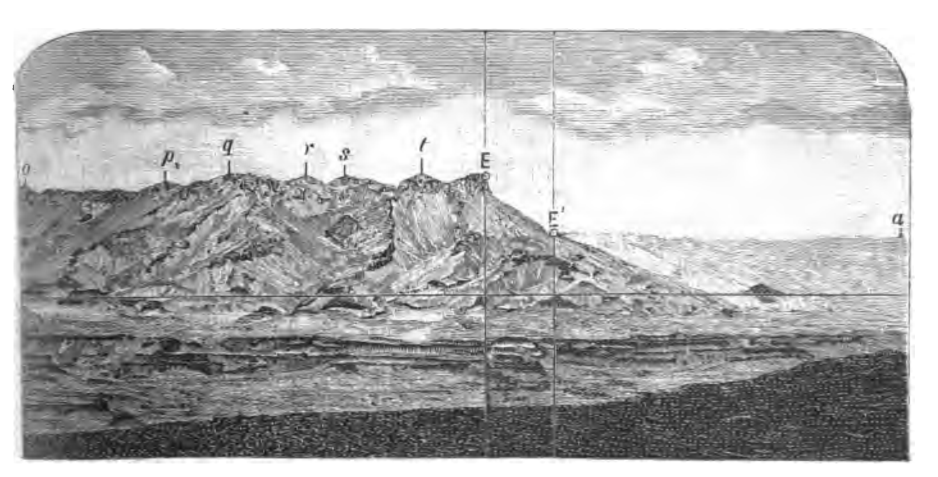


Fig. 8.
Ansicht des nördlichen Randgebirges der Oase Dachel.
(nach Photographie von dem Standpunkte P_1 (vergl. Fig. 13 S. 71).)

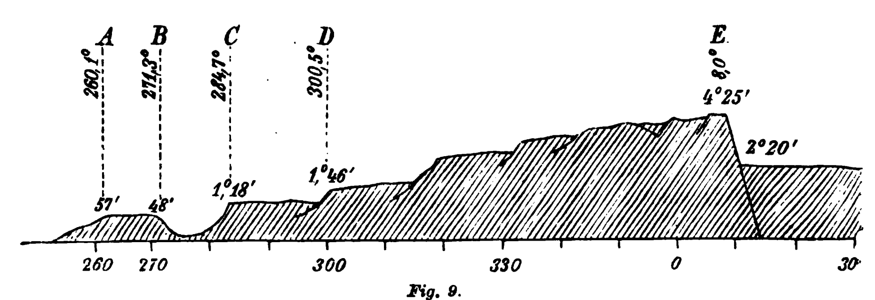


Fig. 9.
Ansicht der Randgebirge der Oase Dachel, vom Standpunkt P_1 aus (vergl. Fig. 13 S. 71).

Die eingeschriebenen Azimute (206,1° bei *A* u. s. w.) sind m a g n e t i s c h e Azimute, welche durch Subtraction von 7,4° in astronomische Azimute verwandelt werden. Die übrigen Winkel (z. B. 4° 25′ bei *E*) sind Höhenwinkel.

Fig. 9. (Fortsetzung.)

Fig. 10. Uebersichtskarte der Randgebirge der Oase Dachel.

Eine solche Panoramenaufnahme giebt nun an und für sich noch keine Grundriss- oder Kartenzeichnung, da man wohl Strahlenrichtungen, aber keine Entfernungen hat.

Sieht man von dem Aufzeichnen der Situation nach geschätzten Entfernungen ab, womit nicht viel zu erreichen ist, so muss man darnach trachten, die an verschiedenen Orten aufgenommenen Perspectiven in Bezug auf die Objecte in Uebereinstimmung zu bringen. Zu diesem Zwecke muss man während des Marsches diese Objecte, z. B. die Gebirgsecken, beständig im Auge behalten, die perspectivischen Verschiebungen verfolgen, und durch alle Mittel der Zeichnung und des Gedächtnisses die Idendität der an verschiedenen Orten gesehenen Gegenstände zu sichern suchen, so dass man später die Situationszeichnung durch Strahlenschnitte bekommt.

Sehr wichtig sind hiebei die Namen der Objecte, deren Aufzeichnung ohnehin für die Geographie nöthig ist. Man hält sich am besten möglichst bald an die von den Eingeborenen zu erforschenden wahren Namen, oder theilt selbst Namen zu. Z. B. in Fig. 9 hat die Ecke E den richtigen arabischen Namen Dschebel-Lifte oder J und K den Namen Dschebel-Dschefata, der isolirte Berg A B wurde von Rohlfs Edmonestone genannt. Solche Namen für die Hauptobjecte sind der Orientirung förderlicher als Numerirung und Literirung.

In dem Falle unseres Oasen-Gebirgsrandes von Dachel Fig. 8—10 sind die Entfernungen durch die im nächsten § 11 zu beschreibende Triangulirung gewonnen worden.

Dagegen hatten wir auf der östlichen Fortsetzung nur unterwegs und auf den Lagerplätzen gemachte Peilungen zur Kartenzeichnung des Gebirgsrandes.

Wo es sich machen lässt, wird man natürlich auch Handrisse in Grundriss- (Karten-)Form skizziren. Man wird aber bei der späteren endgültigen Kartenconstruction finden, dass perspectivische Handrisse mit eingeschriebenen Peilungen immer das werthvollste Material sind.

Anmerkung. Photogrammetrie.

Da durch zwei mathematisch orientirte perspectivische Zeichnungen eines räumlichen Gebildes dieses Gebilde geometrisch bestimmt ist, so kann man auch photographische Aufnahmen zur Kartenconstruction benutzen. Ueber solche

Verwerthung der Photogrammetrie zu topographischen Aufnahmen hat Verfasser in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1876 S. 1—17 eine Untersuchung mit praktischen Erfahrungen über die Photogrammetrie von Dachel veröffentlicht.

Von den zugehörigen, von Herrn Remele aufgenommenen Photographieen giebt unsere Fig. 8, S. 65 eine Copie. Die daselbst mit $o, p, q, r, s, t \dots a$ bezeichneten Punkte beziehen sich auf die photogrammetrische Construction.

§ 11. Triangulirung.

Wie schon im Eingang § 1, S. 41 erwähnt ist, kann Triangulirung bei Aufnahmen auf Reisen, im Vergleich mit unseren modernen Landesaufnahmen nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Den Zusammenhalt der Itinerare durch Triangulirung zu erlangen, daran ist gar nicht zu denken, und auch bei zeitweiligen längeren Aufenthalten, wo durch eine kleine Basis und etliche Winkel sich viel Gutes machen lässt, kann man auch nicht daran denken, auf den Hauptpunkten herum zu gehen, auf denselben Signale zu stecken u. s. w. Im Wesentlichen muss man sich mit den natürlichen Zielpunkten, Bergspitzen, Felsvorsprüngen, einzelnen Bäumen, etwaigen hervorragenden Gebäuden u. s. w. begnügen, ohne vorhergehende Recognoscirung sofort messen, und nachher aus den zerstreuten Messungen das zusammensuchen, was sich in Dreiecken berechnen lässt.

Dem entsprechend sind auch die Instrumente zu wählen. Ein kleiner Theodolit mit Horizontal- und Höhenkreis, welche 1′ bequem abzulesen geben, genügt.

Einen Compass aufzusetzen, ist jedenfalls nöthig, damit man mit diesem Instrument sofort die magnetische Missweisung astronomisch messen kann.

Ein solches Instrument zeigt Fig. 11.

Die Kreise haben 15 cm Durchmesser, dürften aber auf 10 cm beschränkt werden, ohne die Ablesung von 1′ zu gefährden.

Da bei der Wahl eines solchen Theodolits jedenfalls die Frage astronomischer Messungen mit erwogen werden muss,



Fig. 11. Theodolit.

so ist zu bedenken, dass ein Höhenkreis mit 1′ sicherer Ablesung, mit Durchschlagen und Wiederholen wohl Höhen auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$′ genau giebt, was für Zeithöhen und Breiten genügt. Azimute aus correspondirenden Sonnenhöhen oder Polarismessungen sind jedenfalls auf 1′ genügend, weil deren Uebertragung nur mit dem Compass geschieht.

Trigonometrische Höhenmessung für directen und indirecten Gebrauch (s. § 12) verlangt auch keine grössere Genauigkeit als 1′.*)

Ein Dosen-Sextant wie Fig. 12 kann nützliche Dienste leisten, wenn er immer bei der Hand ist. Man kann damit

*) Ein theodolitartig gebautes Reise-Instrument zugleich auch für Mond-Beobachtungen (Culmination und Höhen) einzurichten, wird kaum gehen, Kreistheilung und Axenführung müssten hiefür viel feiner sein. Für Mondculminationen aber einen besonderen Theodolit mitzunehmen, kann sich nicht lohnen. Dieses führt zu der Vertheilung: Ein kleiner, grober topographischer Compass-Theodolit, und ein Reflexionskreis für Mond-Distanzen oder Mond-Höhen.

Winkel auf 1—2′ von freier Hand messen, wozu sich oft unterwegs Gelegenheit bietet.

Bei der Ueberlegung, ob man Compass-Peilungen mit dem Stockcompass Fig. 3, S. 48 auf etwa 1^0, oder mit dem Theodolitcompass Fig. 11 auf $0{,}2^0$ bis $0{,}1^0$, oder andererseits reine Winkelmessung mit dem Theodolit oder auch mit dem Dosensextanten, auf 1′ genau machen soll, ist immer zu bedenken, ob man hauptsächlich Richtungen oder Entfernungen bestimmen will. Die Richtungen giebt der Compass, Entfernungen durch Parallaxen auf kurzer Basis giebt der Theodolit oder der Sextant.

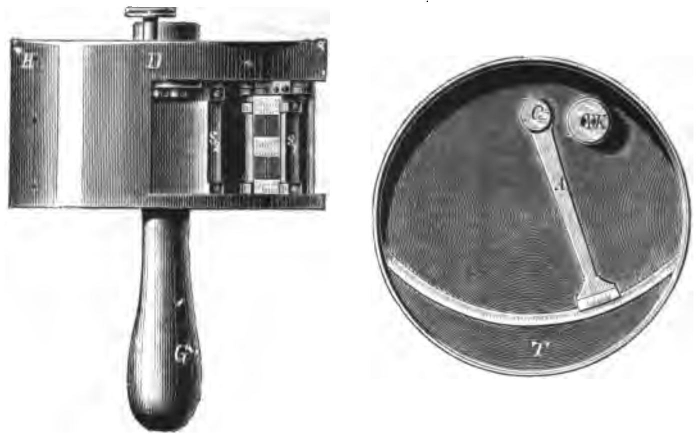


Fig. 12. Dosensextant.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen gehen wir zu einem Triangulirungsbeispiel über, nämlich Triangulirung des Oasenkessels von Dachel, ausgeführt vom Verfasser am 11. und 15. Januar 1874. Fig. 13.

Auf einem Hügel nördlich der Stadt Dachel wurde ein Basisdreieck (A) (B) (C) ausgewählt, (A) (B) = 305,0 m und (B) (C) = 117,1 m mit einem Stahlband gemessen, dazu mit dem Theodolit die 3 Winkel:

$$(A) = 22^0\ 11',\ (B) = 78^0\ 8',\ (C) = 79^0\ 41' \qquad (1)$$

damit werden die beiden gemessenen Seiten unter sich trigonometrisch controlirt und auch die dritte Seite bestimmt:

$$(A)(B) = 305{,}00\,\text{m},\ (B)(C) = 117{,}05\,\text{m},\ (A)(C) = 303{,}39\,\text{m} \quad (2)$$

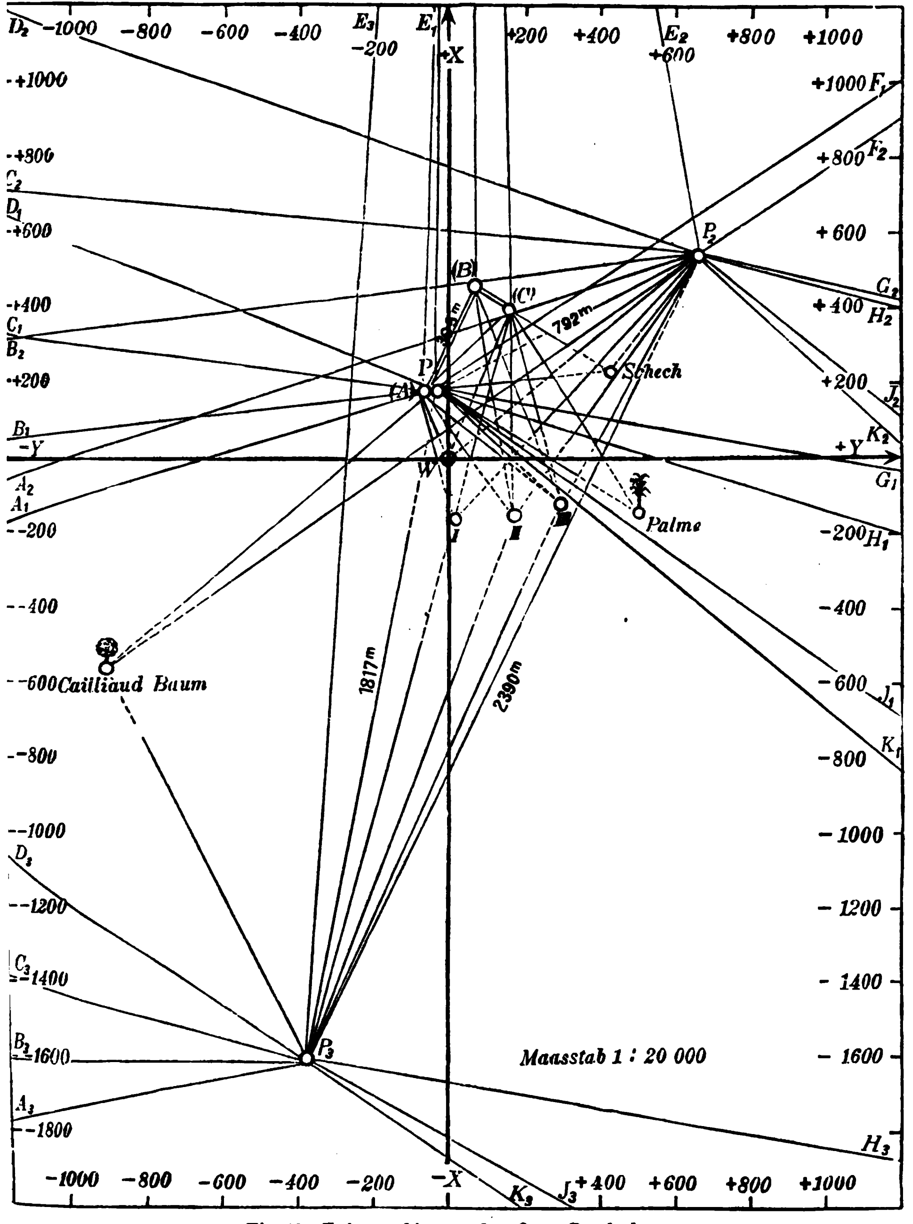


Fig. 13. Triangulirung der Oase Dachel.

Uebersicht der Punkte und Linien: $(A)(B) = 305{,}0$ m gemessene Basis, $(B)(C) = 117{,}1$ m Control-Basis, $P_1 P_2 = 792$ m, $P_1 P_3 = 1817$ m, $P_2 P_3 = 2390$ m abgeleitete Grundlinien. W = Wohnhaus der Expedition. I, II, III Minarets der Stadt Dachel. Schech = hervorragendes Schech-Grab. „Cailliaud-Baum“ und „Palme“ hervorragende Bäume. *A, B, C, D, E, F, G, H, J, K* bezeichnen die Ziellinien nach den entsprechenden Punkten von Fig. 9 und 10 S. 66.

Aus besonderen Gründen (Zusammenwirkung mit einer photographischen Aufnahme) wurde in der Nähe von (A) ein zweiter Punkt P_1 gewählt, im Abstand $(A)P_1 = 20{,}0$ m, welcher gewissermaassen als excentrischer Punkt neben (A) zu betrachten ist.

Es wurden 4 feste Punkte in's Auge gefasst:

W = Wohnhaus der Expedition,
I = westliches Minaret der Stadt Dachel,
II = mittleres " " " "
III = östliches " " " "

Diese Punkte sind je dreifach von (A) (B) (C) oder P_1 angezielt, und für alle 8 Punkte wurde nun ein Coordinatensystem gewählt mit (A) als Nullpunkt, $+x$ nach Norden, $+y$ nach Osten. Das Anfangs-Azimut $((A)(B)) = 23^0\ 35'$ wurde hiebei durch den Theodolitcompass erhalten, dessen Missweisung zuvor astronomisch bestimmt war. Die Coordinatenberechnung ergab folgendes:

Punkt	Ordinate y	Abscisse x	
(A)	0,0 m	0,0 m	
P_1	+ 19,8 "	+ 3,1 "	
(B)	+ 122,1 "	+ 279,6 "	
(C)	+ 217,5 "	+ 211,7 "	(3)
I	+ 78,3 "	— 349,5 "	
II	+ 230,8 "	— 330,6 "	
III	+ 358,9 "	— 299,7 "	

Zur Weiterausdehnung des Netzes bot sich ein Punkt P_2 auf einem Hügel nordöstlich. Derselbe wurde aus zwei Dreiecken mit je zwei Winkeln bestimmt:

aus dem Dreieck $P_2\ P_1$ III	$y_2 = +\ 724{,}4$	$x_2 = +\ 364{,}8$	
" " " $P_2\ P_1$ II	$+\ 725{,}6$	$+\ 365{,}3$	(4)
Mittel P_2	$y_2 = +\ 725{,}0$	$x_2 = +\ 365{,}0$	

Nachdem auch P_2 mit einer Palm-Rippe weit sichtbar gemacht war, fand sich später auf einer Düne im Südwesten ein Punkt P_3, von dem aus nahezu alles bisherige sichtbar war. Bei regulärer Triangulirung würde P_3 vor den Messungen auf P_1 und P_2 aufgesucht und bebakt worden sein, und es wären die Zielungen $P_1\ P_3$ sowie $P_2\ P_3$ vorhanden. Da dieses bei uns nicht der Fall ist, kann P_3 nur pothenotisch ziemlich

ungünstig berechnet werden. Die Zielungen von P_3 nach P_1, II und P_2 gaben pothenotisch:

$$P_3 \quad y_3 = -329{,}0 \quad x_3 = +1780{,}0$$

Eine Probe schien hier sehr nöthig, eine solche wurde durch die **A z i m u t e** des Theodolit-Compasses gewonnen, und die darauf gegründeten Dreiecksberechnungen P_1, P_2, P_3 und I, III, P_3 gaben nur Abweichungen von 1 m bis 2 m gegen die pothenotische Bestimmung, so dass im Mittel genommen wurde:

$$P_3 \quad y_3 = -330{,}0 \text{ m} \quad x_3 = +1780{,}0 \text{ m} \qquad (5)$$

Die Einschneidung und Berechnung für eine einzelne hohe Palme östlich in der Stadt, eines grossen Schechs-Grabes nordöstlich und des Cailliaud-Baumes westlich in der Wüste, konnten nun ohne Schwierigkeit gemacht werden.

Nun war ein Basis-Dreieck P_1, P_2, P_3 mit Seiten von 1—2 Kilometer Länge bestimmt, und auf dieser Basis konnte man hoffen, die etwa 10 Kilometer entfernten Gebirgs-Ecken des Oasenkessels trigonometrisch zu erfassen.

Da das Gebirge völlig vegetationslos ist, war Anzielen ohne künstliche Signalisirung wohl möglich; die Punkte wurden in perspectivischen Handrissen von der Art von Fig. 9, § 10 S. 66 mit *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *J*, *K* bezeichnet, und so von den verschiedenen Standpunkten aus wieder erkannt.

Um die Genauigkeit zu veranschaulichen, bezw. um Nachrechnung zu ermöglichen, geben wir die orientirten Abrisse der Messungen, auch zum Theil für (*A*) (*B*) (*C*), und nachher die Coordinaten.

Die Höhen beziehen sich auf die barometrisch bestimmte Höhe des Expeditionshauses *W* als Ausgangspunkt, und sind zwischen *W*, (*A*) P_1, P_2, P_3 trigonometrisch übertragen, was leicht zu machen war. Zuerst haben wir die Abrisse für (*A*), (*B*) und (*C*):

Standpunkt (*A*)			Standpunkt (*B*)			Standpunkt (*C*)		
E	0°	58′	(*C*)	125°	25′	Schech	122°	39′
(*B*)	23	35	*J*	125	46	*J*	125	44
(*C*)	45	50	*K*	130	10	*K*	130	11
P_1 (20,0 m)	81	12	III	157	46	Palme	147	31
Schech	102	46	II	169	56	III	164	33
Palme	119	43	(*A*)	203	35	II	178	34
III	129	52	*A*	251	56	I	193	56
II	145	5	*B*	263	6	*W*	202	9
W	162	36	*E*	359	1	(*A*)	225	42
I	167	23				*A*	252	14
						B	263	19
						(*B*)	305	36
						E	357	28

Abrisse für P_1, P_2 und P_3, a = Azimut, h = Höhenwinkel.

Standpunkt P_1 H = 133 m			Standpunkt P_2 H = 132 m			Standpunkt P_3 H = 104 m		
	α	h		α	h		α	h
E	0° 38′	+ 4° 25′	E	348° 52	+ 4° 42′	E	4° 0′	+ 3° 16
E'		+ 2 20	E'	351 18	+ 2 31	E'	5 20	+ 2 2
F	56 51	+ 2 3	F	55 46	+ 2 15	P_1	11 6	+ 0 52
Schech	85 32	− 4 40	G	101 13	+ 1 10	I	15 56	+ 0 21
G	99 34	+ 1 8	H	108 16	+ 1 6	II	21 9	+ 0 27
H	106 20	+ 1 10	J	127 34	+ 1 26	III	24 57	+ 0 24
Palme	120 48	− 1 48	K	131 56	+ 1 16	P_2	26 12	+ 0 38
J	124 32	+ 1 20	III	208 49	− 1 12	F	48 38	+ 1 53
K	129 4	+ 1 12	II	215 25	− 1 3	G	. .	. .
III	131 43	− 2 11	Schech	216 19	− 5 19	H	99 21	+ 1 10
II	147 37	− 2 24	I	222 12	− 1 6	J	116 55	+ 1 33
I	170 30	− 3 12	W	230 32	− 1 44	K	122 33	+ 1 26
C.-Baum	229 48	− 1 32	C.-Baum	235 2	− 0 54	C.-Baum	232 41	− 0 7
A	252 44	+ 0 57	P_1	242 50	− 0 1	A	258 29	+ 1 6
B	264 1	+ 0 48	A	252 19	+ 0 56	B	269 38	+ 0 54
C	277 18	+ 1 18	B	263 0	+ 0 44	C	285 12	+ 1 24
D	293 6	+ 1 46	C	275 25	+ 1 12	D	302 47	+ 1 40
			D	289 27	+ 1 50			

Mit diesen Angaben kann man die ganze Triangulirung, soweit sie auf Fig. 13, S. 71 dargestellt ist, berechnen, bezw. die im Nachfolgenden angegebenen Schluss-Resultate nachrechnen. Diese Schluss-Resultate sind als Coordinaten auf den Anfangspunkt W, d. h. das Wohnhaus der Expedition reducirt worden, mit $+ x$ nach Norden, $+ y$ nach Osten, wie die folgende Tabelle zeigt;

Punkt.	Ordinate y	Abscisse x	Höhe über dem Meer.	Bemerkungen.
Wohnhaus der Expedition W.	± 0 m	± 0 m	108 m	Erdfläche am Haus = 100 m
Basispunkt (A)	− 57	+ 183	133	
„ (B)	+ 65	+ 463	133	
„ (C)	+ 160	+ 395	133	
Trig. Standpunkt P_1	− 37	+ 186	133	
„ P_2	+ 668	+ 548	132	
„ P_3	− 387	− 1597	104	
Minaret I	+ 21	− 166	115	Spitze
„ II	+ 174	− 148	118	„
„ III	+ 302	− 117	118	„
Grosses Schechs-Grab	+ 429	+ 222	106	Boden = 97 m
Einzelne Palme	+ 496	− 132	116	Spitze
Cailliaud-Baum	− 923	− 563	104	Boden
Edmonstone A	− 16024	− 4783	436	Rücken des Bergs 485 m
„ B	− 17922	− 1712	407	
Dschebel-Lifte C	− 13097	+ 1858	442	
„ D	− 9240	+ 4030	455	
„ E	+ 2	+ 3931	423	
Amphitheater F	+ 7663	+ 5255	465	
„ G	+ 17123	− 2712	496	
Dschebel-Dschefata H	+ 14490	− 4050	440	
„ J	+ 10876	− 7313	461	
„ K	+ 11523	− 9199	469	

Ueber die Genauigkeit dieser Resultate kann insofern gut Rechenschaft gegeben werden, als jeder Punkt aus mindestens zwei Dreiecken berechnet worden ist.

Schon die Abrisse auf S. 74 geben durch die Azimut-Differenzen als Parallaxen zu erkennen, ob die Schnitte an den entfernten Zielpunkten mehr oder weniger spitz sind.

Wir wollen die Parallaxen, mittleren Entfernungen und Coordinatenwidersprüche für drei Punkte beispielshalber hersetzen:

Punkt	Berechnungs-Basis	Mittlere Entfernung	Parallaxe	Coordinaten-Widersprüche Δy	Δx
A	$P_3 P_1$	16,4 km	5° 45′	2 m	2 m
A	$P_3 P_2$	16,7 „	6° 10′		
E	$P_1 P_2$	3,4 „	11° 46′	2 „	18 „
E	$P_3 P_2$	4,5 „	15° 8′		
K	$P_1 P_3$	14,5 „	6° 31′	31 „	12 „
K	$P_2 P_3$	14,3 „	9° 23′		
	Mittel	11,6 km	9° 7′	± 11 m	

Diese zufällig herausgegriffenen Angaben charakterisiren auch die Genauigkeit im Ganzen. Wenn hiernach bei den fernen Gebirgs-Ecken ohne künstliche Signalisirung mittlere Coordinatenfehler von rund 10 Meter vorkommen, so ist das so günstig, als je zu erwarten war. Solche Fehler sind beim Auftragen einer geographischen Karte verschwindend.

Wenn man etwa noch fragt, ob alle die vorgelegten Winkelmessungen (S. 73—74) nicht auch rein graphisch mit dem Protractor Fig. 4, § 6., S. 53 hätten verwerthet, und dadurch viele Rechen-Arbeit hätte erspart werden können, so ist diese Frage zu verneinen.

Die trigonometrische Berechnung macht allerdings viel mehr Mühe als die Zeichnung, allein diese Mühe lohnt sich reichlich in der Sicherheit und weiteren Verwerthbarkeit der Resultate in beliebigem Maassstab. Strahlenschnitte mit Parallaxen von 5°—10° sind in der Zeichnung sehr misslich, und führen zu fortgesetztem Aendern und Probiren.

§ 12. Trigonometrische Höhenmessung.

Ebenso wie Horizontal-Triangulirung kann auch die trigonometrische Höhenmessung bei Aufnahmen auf Reisen nicht als Grundlage der Gesammt-Höhenaufnahme dienen; als Grundlage dient vielmehr hier die barometrische Höhenmessung,

(welche umgekehrt bei regulären Landesvermessungen sehr zurücktritt). Die trigonometrische Höhenmessung kann aber bei Local-Aufnahmen sehr nützliche Dienste leisten, nicht blos für die Höhen selbst, sondern auch zur Gewinnung von Controlen und Verbesserungen der Lage-Pläne.

Die Grundformel der trigonometrischen Höhenmessung ist:

$$h = a \tan \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2 \qquad (1)$$

(vergl. z. B. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. I. Band, S. 542.) Dabei ist h der zu messende Höhenunterschied, a die Horizontal-Entfernung, α der Höhenwinkel, $r = 6\,370\,000$ m der Erdhalbmesser und k der Refractions-Coefficient, in Deutschland im Mittel etwa $k = 0{,}13$.

Die Correction $\frac{1-k}{2r} a^2$ für Erdkrümmung und Refraction hat in runden Zahlen folgende Werthe:

a	$\frac{1-k}{2r} a^2$	a	$\frac{1-k}{2r} a^2$	a	$\frac{1-k}{2r} a^2$
1 km	0,1 m	11 km	8 m	10 km	7 m
2 „	0,3 „	12 „	10 „	20 „	27 „
3 „	0,6 „	13 „	12 „	30 „	61 „
4 „	1,1 „	14 „	13 „	40 „	109 „
5 „	1,7 „	15 „	15 „	50 „	170 „
6 „	2,4 „	16 „	17 „	60 „	245 „
7 „	3,3 „	17 „	20 „	70 „	334 „
8 „	4,4 „	18 „	22 „	80 „	436 „
9 „	5,5 „	19 „	25 „	90 „	552 „
10 „	6,8 „	20 „	27 „	100 „	681 „

(2)

Auf Reisen wird man die Höhenwinkel kaum genauer als auf 1′ messen, die Höhen auch meist nur auf 1 m ausrechnen, und dann kann man bis zu 5 km (1 Gehstunde) die Erdkrümmung und Refraction vernachlässigen; von da an nimmt dieselbe aber rasch zu, und bei fernen Gebirgen, die man oft auf mehrere Tagereisen weit sieht, ist bei der Höhenbestimmung die Erdkrümmung und Refraction die Hauptsache.

Wenn man nach der vorstehenden Formel (1) und der Tabelle (2), mit den Angaben des vorigen § 11, S. 74 (vielleicht auch nur mit Abstechen der Entfernungen aus der Karte Fig. 13) die Höhen der einzelnen Gebirgs-Ecken berechnet, so wird man finden, dass sie etwa auf 5—10 m unter sich stimmen. Die Höhen sind in § 11, S. 74 angegeben. Ein Theil der Höhen

ist auch in Fig. 10 eingeschrieben, jedoch zum Theil nicht unmittelbar entsprechend den Höhenwinkeln von Fig. 9, z. B. zwischen AB ist der Rücken des Bergs mit rund 500 m eingeschrieben, während die Höhenwinkel $0^0\ 57'$ und $0^0\ 48'$ für die Ecken gelten u. s. w.

Ein indirecter Gebrauch der Höhenwinkel besteht darin, dass man aus gegebenem Höhenunterschiede h und gemessenem Höhenwinkel α rückwärts die Entfernung a bestimmt, wozu man die Gleichung (1) nach a aufzulösen hat. Natürlich sind solche Bestimmungen sehr unsicher, allein sie können wenigstens dazu dienen, gemessene Höhenwinkel und die zugehörigen nur näherungsweise bekannten Entfernungen in Einklang zu bringen, und es kann eine grössere Zahl von Höhenwinkeln bei flüchtigen Aufnahmen wesentlich bei der Situationsconstruction mitwirken.

Zur See ist diese Methode sehr gebräuchlich, man misst dabei vom Schiff aus, also in bekannter Höhe h über dem Meeresspiegel, die Tiefenwinkel nach verschiedenen Punkten der Grenzlinie zwischen dem Wasserspiegel und der Küste.

Zu Lande ist die Methode weniger werthvoll, weil die Höhen h nicht ebenso wie zu Schiffe bekannt sind, doch lässt sich in der oben angedeuteten Weise diese Methode auch zu Lande verwerthen.

Für solchen Gebrauch der Höhenwinkel ist es aber nöthig, rasch die Gleichung (1) nach a aufzulösen; ich habe hiezu eine Tafel berechnet, deren Hauptwerthe im Anhang Tafel V. mitgetheilt sind. Es ist dabei der Refractions-Coefficient $k = 0{,}16$ genommen, während in Deutschland gewöhnlich der Werth $k = 0{,}13$ genommen wird; für die vorliegenden Zwecke ist dieses ziemlich gleichgültig.

Als einfaches Beispiel zur Anwendung dieser Methode betrachten wir in der Fig. 8 oder 9 die Gebirgs-Ecke E und den dahinter liegenden Rand E'. Nach der ganzen Gebirgs-Formation kann man annehmen, dass E und E' gleich hoch sind.

In runder Zahl ist $E = 438 - 133 = 305$ m über dem Standpunkt; soll nun E' ebenso hoch sein, so muss es bei $2^0\ 20'$ Höhenwinkel, nach der Tabelle V., etwa 7 *km* Entfernung haben, wie auch in Fig. 10 gezeichnet ist.

Schon diese verhältnissmässig wenigen Zahlen der Tabelle V. des Anhangs geben bei der Kartenconstruction nach Peilungen und Höhenwinkeln wichtige Aufschlüsse über die Möglichkeit des Zusammengehörens verschiedener Visuren.

Wenn die Höhenwinkel, wie gewöhnlich in solchen Fällen, nur auf 1—2′ genau gemessen sind, so kann man ausser der Tafel V. noch ein Diagramm verwenden, welches in seinen Hauptlinien durch Fig. 14 veranschaulicht ist. Die geraden Linien entsprechen hiebei den Werthen a tang α, und die unten beigefügte Curve giebt noch die Correction $\frac{1-k}{2r}a^2$ für Erdkrümmung und Refraction.

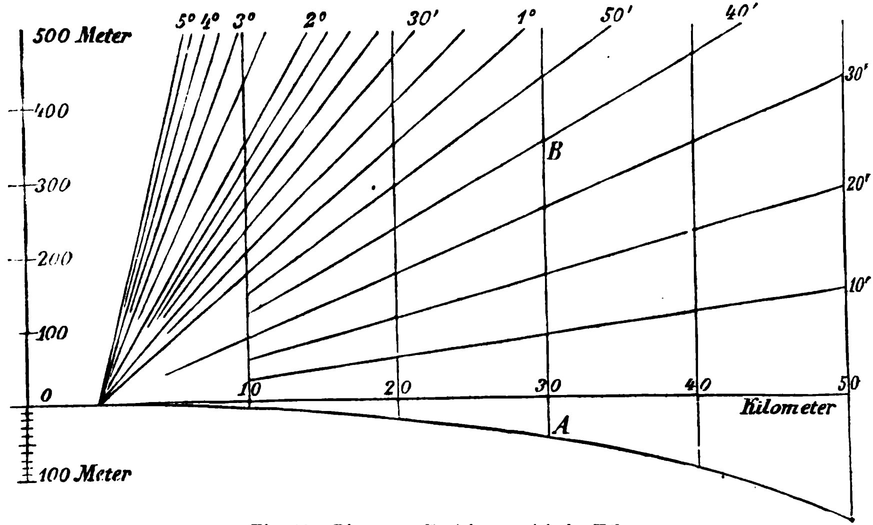


Fig. 14. Diagramm für trigonometrische Höhen.
Horizontal-Maassstab = 1 : 500 000. Höhen-Maassstab = 1 : 10 000.

Der Horizontalmaassstab von Fig 14 ist 1:500 000, der Höhenmaassstab 1:10 000, man entnimmt daraus z. B., dass für die Distanz 30 Kilometer und den Höhenwinkel 0° 40′ die Höhe AB = 400 m beträgt, in hinreichendes Uebereinstimmung mit der Tafel V. des Anhangs.

§ 13. Barometrische Höhenmessung. Allgemeines.

Das barometrische Höhenmessen wird auf Reisen in ausgedehntem Maasse angewendet, erstens weil es an sich sehr wichtig ist, und zweitens weil es seit Erfindung der Feder-Barometer (Aneroide) so einfach geworden ist, dass, bei richtiger Anleitung, Jedermann, der nur lesen und schreiben kann, und

Geduld und Liebe zur Sache mitbringt, die Messungen machen kann. Auch die zugehörigen Berechnungen erfordern, wenn man sich auf das Nöthigste beschränkt, nur elementar-mathematische Kenntnisse.

Wir haben uns hier mit zweierlei Aufgaben zu befassen, erstens Kenntniss und Handhabung der Instrumente und dann zweitens Berechnung der Höhen.

Was die Instrumente betrifft, so kann man auf Reisen von der Dauer etwa bis zu einem Monat sich mit einem oder mehreren Feder-Barometern, nebst einigen Thermometern begnügen. Auf längere Zeit halten aber die Feder-Barometer ihren Stand nicht genügend, es ist deshalb dann nöthig, sofern man nicht Unsicherheiten von mehreren Millimetern unterlaufen lassen will, ein Quecksilber-Barometer, welches absolute Stände giebt, zur Controle mitzuführen. Unter Umständen kann auch ein Kochthermometer, statt des Quecksilber-Barometers, zur zeitweiligen Controle der Aneroid-Stände dienen.

Fig. 15. Quecksilber-Reise-Barometer.

133 + 590 = 723 mm

§ 14. Quecksilber-Barometer.

Das Quecksilber-Barometer, welches auf einer Reise mitgenommen werden soll, ist möglichst einfach zu wählen. Man verzichte auf Ablese-Mikroskope und ähnliche Verfeinerungen. Mit einer einfachen Theilung, sogar ohne Nonius, kann man (nöthigenfalls mit Hand-Lupe) Zehntel-Millimeter schätzen; und genauer als Zehntel-Millimeter wird aus anderen Gründen die Quecksilber-Barometer-Messung auf Reisen doch nicht.

In nebenstehender Fig. 15 ist ein Reise-Heber-Barometer abgebildet, welches Verfasser auf der libyschen Expedition 1873—74 etwa 2½ Monate lang mit sich führte, und unversehrt zurückbrachte.

Das Instrument besteht im Wesentlichen aus einer heberartig gebogenen Röhre ABC, welche für gewöhnlich, jedenfalls auf dem Transport, umgekehrt gehalten wird, so dass A unten und B oben ist. Dann füllt das im Innern befindliche Quecksilber den langen Schenkel bei A vollständig aus, und der kurze Schenkel BC ist dann nahezu leer. In diesem Zustand wird der kurze Schenkel durch einen Kork-Stöpsel (an einem Fischbein-Stab) verschlossen.

Will man das Instrument anwenden, so dreht man es um, so dass A oben und B unten wird; man zieht den Korkstöpsel bei C vorsichtig heraus, und sieht dann das Quecksilber von A nach E fallen, von B nach D steigen.

Ist hier Ruhe eingetreten, so stellt man einen Schieber bei D und einen zweiten Schieber bei E auf die runde Kuppe des Quecksilbers ein, und liest die Skalen ab, deren Summe den Barometerstand giebt, weil der Mittelpunkt beider Skalen in der Mitte bei M liegt.

Ausserdem liest man auch das bei T angebrachte Thermometer ab, weil man dessen Angabe zur Reduction auf 0° Temperatur braucht. Diese Reduction auf 0°, (welche in roh-runder Zahl 0,1 mm für je 1° Temperatur beträgt) ist verschieden, je nach dem man es mit einer hölzernen, messingenen u. s. w. Skale zu thun hat. Für den am häufigsten vorkommenden Fall einer Messing-Skale haben wir im Anhang III eine einfache Hilfstafel zur Temperatur-Correction beigegeben.

Ein Beispiel mag zur weiteren Verdeutlichung dienen:

Kairo (Abbasie), 5. December 1873.
Heber-Barometer (Fig. 15).

Oberer Schenkel . .	Kuppe 636,1 mm	Inneres
Unterer Schenkel . .	Kuppe 129,3 „	Thermometer
	Summe 765,4 mm	16,0°
Die Tafel III des Anhangs giebt für 16° und rund 760 mm: Reduction	= — 2.0 mm	
Reducirter Barometerstand	= 763,4 mm	

Wenn man noch genauer verfahren will, so muss man nicht blos, wie hier angenommen ist, die Schieber auf die Kuppen des Quecksilbers, sondern auch auf die Ränder einstellen, und dann aus den Differenzen zwischen Rand und Kuppe, d. h. aus den Kuppenhöhen, die Capillar-Depression bestimmen, und in Rechnung bringen. Wir sehen hier hievon

ab, weil diese Einflüsse immerhin nahezu constant sind, und deswegen in die Gesammtreduction mit eingehen, welche man erhält durch Vergleichung eines Reise-Quecksilber-Barometers mit dem Normal-Barometer einer meteorologischen Station.

Eine solche Vergleichung, welche wohl Differenzen von 0,5 mm, manchmal bis zu 1 mm giebt, ist nicht zu unterlassen, wenn man eine meteorologische Station oder eine ähnliche wissenschaftliche Anstalt in der Nähe des Reise-Gebietes hat. Andernfalls vergleiche man wenigstens vor und nach der Reise auf den wissenschaftlichen Anstalten der Heimath.

Bei Barometer-Vergleichungen an weit entlegenen oder sehr verschieden hohen Orten, z. B. in Berlin und an einem Punkte in Afrika, oder z. B. in Bern und auf dem Gotthard, kommt auch noch die Correction für Veränderung der Schwerkraft in Betracht, welche zwischen 45° und 60° geographischer Breite etwa 1 mm und für 3000 m Höhe, unter 45° Breite, etwa 0,5 mm ausmacht. Hierauf näher einzugehen ist im Rahmen dieser Anleitung nicht möglich.

§ 15. Kochthermometer.

Aus der Siede-Temperatur des Wassers kann auf den Luftdruck geschlossen werden, wie aus folgenden zur Veranschaulichung hergesetzten Zahlen hervorgeht:

Siede-Temperatur	Barometerstand	Differenz
99,0°	733,2 mm	
		2,6 mm
99,1°	735,8 „	
		2,7 „
99,2°	738,5 „	
		2,6 „
99,3°	741,1 „	
		2,7 „
99,4°	743,8 „	
		2,7 „
99,5°	746,5 „	
		2,7 „
99,6°	749,2 „	
		2,7 „
99,7°	751,9 „	
		2,7 „
99,8°	754,6 „	
		2,7 „
99,9°	757,3 „	
		2,7 „
100,0°	760,0 „	

Ein Zehntel Grad Differenz der Siede-Temperatur entspricht also bereits etwa 2,7 mm Barometer, und man müsste die Temperatur auf ein Hundertel Grad genau haben, um nur 0,3 mm versichern zu können; das ist nur mit besonderen, zu diesem Zweck construirten Thermometern und Siede-Apparaten möglich.

Das Kochthermometer hat nur insofern praktische Bedeutung für Forschungs-Reisen, als dadurch eine Controle der Aneroid-Stände erzielt werden kann. Ob aber die Kochthermometer selbst genügend constant sind, ist nicht zweifellos, weshalb ein Quecksilber-Barometer zu dem fraglichen Zweck jedenfalls vorzuziehen ist, und nur noch die compendiösere Form und leichtere Transportweise des Siede-Thermometers für dieses sprechen kann.

Praktische Erfahrungen und Vergleichungen von Fuess-schen Kochthermometern sind mitgetheilt von Kunze in Tharand, in den Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1882, No. 9.

§ 16. Das Feder-Barometer (Aneroid).

Man findet Feder-Barometer allenthalben im Handel unter verschiedenen Namen: Aneroid, Holostéric-Baromètre u. s. w. Bis vor wenigen Jahren waren französische Instrumente (Naudet) und englische (Elliot, Casella) hauptsächlich im Gebrauch. Jetzt haben wir in Berlin eine Firma O. Bohne, (Berlin S. Prinzenstrasse 90), welche nicht blos Instrumente von gleicher Güte wie jene ausländischen, sondern in einer Hinsicht ausgezeichnete liefert, nämlich Feder-Barometer, welche gegen Temperaturänderungen unempfindlich gemacht (compensirt) sind. (Verfasser hat ein solches Instrument vorzüglich erprobt gefunden.)

Alle diese Instrumente haben die Form einer runden Büchse vom 10—15 cm Durchmesser mit einem Zifferblatt, das die Zahlen 760, 750, 740 . . . durch einen Zeiger abzulesen giebt. Vor diesem Ablesen pflegt man das Instrument durch leichtes Klopfen zu erschüttern. Ausser dem Zeigerstand, in ganzen Millimetern unmittelbar und Zehntel-Millimetern nach Schätzung, z. B. 742,6 mm, liest man nach Umständen noch den Stand eines inneren Thermometers ab.

Stand-Correction des Feder-Barometers.

Hat man ein richtig compensirtes (Bohne'sches) Instrument, so ist das Ablesen des inneren Thermometers nicht nöthig, und da bei neueren Instrumenten auch die Theilungen meist innerhalb 1^0_0 richtig sind, so hat man in den Ablesungen des Zeigers Luftdruckbestimmungen, welche nur noch dem einen Bedenken unterliegen, ob sie nicht sämmtlich um einen gewissen constanten Werth zu gross oder zu klein sind, oder ob sie nicht noch einer „Stand-Correction“ bedürfen.

Für gewisse Zwecke ist auch die Stand-Correction in ziemlich weiten Grenzen gleichgültig, wenn man nämlich nur Höhen-Unterschiede messen will.

Auf ausgedehnten Reisen sind aber meist gerade die richtigen Barometerstände an sich, und nicht blos deren Unterschiede von Wichtigkeit, und deswegen ist das Instrument von Zeit zu Zeit (etwa jeden Monat einmal) mit einem Quecksilber-Barometer (vielleicht auch Kochthermometer) zu vergleichen, wie auch schon in der Einleitung § 13, S. 79 und in § 15, S. 82 besprochen worden ist.

Man schreibt die Stand-Correctionen mit algebraischen Vorzeichen + oder —. Wenn z. B. ein Feder-Barometer = 742,6 mm abgelesen ist und gleichzeitig ein Quecksilber-Barometer Q_0 = 740,2 mm (einschliesslich der Reduction auf 0^0), so ist für das Feder-Barometer:

$$\text{Stand-Correction} = -\ 2{,}4 \text{ mm.} \qquad (1)$$

Dieses is aber nur dann die reine Stand-Correction, wenn (ebenso wie an dem Quecksilber-Barometer) an dem Feder-Barometer die Temperatur- und Theilungs-Correction schon angebracht sind, oder wenn solche Correctionen überhaupt nicht nöthig sind.

Temperatur-Correction des Federbarometers.

Wie wir schon in der Einleitung S. 82 berichtet haben, giebt es jetzt (Bohne, Berlin) wohl Aneroide, welche für Temperatur compensirt sind; indessen soll man sich doch hievon selbst überzeugen; und es sind so viele ältere und neuere Instrumente im Gebrauch, welche durchaus nicht gegen Temperatur unempfindlich sind, dass die Untersuchung in dieser Hinsicht hier zu behandeln ist.

Man braucht dazu rasche Temperaturwechsel, welche im Sommer nur künstlich, durch Abkühlung in Eis, hergestellt werden können, welche man aber im kalten Winter sehr einfach dadurch bekommt, dass man ein Aneroid zuerst im warmen Zimmer liegen lässt und es dann vor das Fenster in die freie Kälte legt. Man wird dabei finden, dass die meisten Instrumente in der Kälte erheblich zurückgehen (die bekannten Pariser Naudet-Instrumente um etwa 0,1 mm bis 0,2 mm für 1° Temperatur).

Als Beispiel nehmen wir ein englisches Instrument Elliot No. 2224, welches dem Gr. Badischen Topographischen Bureau in Karlsruhe gehört und von uns im November 1874 untersucht wurde. Es fand sich z. B.:

Karlsruhe, 27. November 1874. Instrument Elliot (2224).

$9^h 20^m$	Temp. $= + 13{,}5^0$	Stand $= 748{,}2$ mm	$Q = 749{,}1$ mm	
$11^h\ 5^m$	„ $= - 2{,}5^0$	„ $= 747{,}3$ „	„ $= 748{,}7$ „	(2)
Differenzen	$\Delta t = - 16{,}0^0$	$\Delta F = - 0{,}9$ mm	$\Delta Q = - 0{,}4$ mm	

Wir haben hier mit der Bezeichnung Q auch noch die Ablesungen an einem Quecksilber-Stand-Barometer im Zimmer mit aufgeführt, welche deswegen nöthig sind, weil in der Zeit, welche das Feder-Barometer zur Abkühlung braucht, möglicherweise der Barometerstand sich überhaupt ein wenig ändert. In 1 — 2 Stunden ist allerdings diese Aenderung meist nicht grösser als 0,1 mm — 0,2 mm, sie kann indessen, wie vorstehendes Beispiel mit 0,4 mm zeigt, doch auch bedeutender werden.

Die allgemeine Aenderung ΔQ muss offenbar von ΔF abgezogen werden, und dann hat man die Reduction für $\Delta t = 1^0$:

$$\frac{\Delta F - \Delta Q}{\Delta t} = \frac{-0{,}9 + 0{,}4}{-16{,}0} = \frac{0{,}5}{16{,}0} = 0{,}031 \text{ mm} \qquad (3)$$

Solcher Vergleichungen macht man mehrere, etwa 5 — 10 an verschiedenen Tagen und nimmt aus allen das Mittel. Im vorliegenden Falle fand sich:

0,024 0,044 0,034 0,011 0,032 0,031 0,035 0,016
Mittel = 0,028.

Was das Vorzeichen betrifft, so ging bei abnehmender Temperatur auch der Stand zurück, man muss also als Re-

duction auf 0° den betreffenden Werth abziehen, oder man schreibt in einer Formel:

$$\text{Temperatur-Correction} = -\,0{,}028\,t. \quad (4)$$

Darnach berechnet man folgendes Hülfstäfelchen:

Temperatur	Reduction	Temperatur	Reduction	Temperatur	Reduction
0°	— 0,00 mm	10°	— 0,28 mm	20°	— 0,56 mm
1°	— 0,03 „	11°	— 0,31 „	21°	— 0,59 „
2°	— 0,06 „	12°	— 0,34 „	22°	— 0,62 „
3°	— 0,08 „	13°	— 0,36 „	23°	— 0,64 „
4°	— 0,11 „	14°	— 0,39 „	24°	— 0,67 „
5°	— 0,14 „	15°	— 0,42 „	25°	— 0,70 „
6°	— 0,17 „	16°	— 0,45 „	26°	— 0,73 „
7°	— 0,20 „	17°	— 0,48 „	27°	— 0,76 „
8°	— 0,22 „	18°	— 0,50 „	28°	— 0,78 „
9°	— 0,25 „	19°	— 0,53 „	29°	— 0,81 „
10°	— 0,28 „	20°	— 0,56 „	30°	— 0,84 „

(5)

Eine solche Tabelle macht man für jedes einzelne Instrument und benützt sie ebenso, wie die allgemeine Tabelle III des Anhangs für Quecksilber-Barometer.

Theilungs-Correction des Feder-Barometers.

Die Theilungen der neueren besseren Instrumente pflegen innerhalb 1—2 % sicher zu sein, d. h. eine durch das Feder-Barometer angezeigte Luftdrucksdifferenz ist innerhalb dieser Grenze gleich der wahren Luftdrucksdifferenz, welche ein fehlerfreies Quecksilber-Barometer (nach Reduction auf 0°) zeigen würde.

Ebensowenig aber, als man sich bei der Temperatur-Correction auf Compensation schlechthin verlassen darf, kann man die Theilung eines Aneroids schlechthin als richtig annehmen. Wir haben schon Aneroide untersucht, welche 5 % und mehr Theilungsfehler hatten, und welche also alle Höhendifferenzen entsprechend falsch geben würden.

Was nun die Untersuchung der Theilung betrifft, so hat man als erstes, Jedermann zugängliches Mittel, die fortgesetzte Vergleichung mit einem Quecksilber-Stand-Barometer. Allein man bekommt dadurch in langen Reihen doch nur Intervalle von höchstens 30 mm (die grössten Barometerschwankungen hat man im November, December und März, bis zu 30 mm monatlich, die kleinsten im Mai bis August mit etwa 15 mm

monatlich). Wenn es nun genügt, die Theilung eines Feder-Barometers nur innerhalb so enger Grenzen zu untersuchen, d. h. wenn man nur Berge bis zu etwa 300 m Höhe messen will, so ist es ein ganz gutes Verfahren, die Vergleichung mehrere Wochen lang zu machen und zuzusehen, ob die Standdifferenz im Wesentlichen constant bleibt, oder ob sie die Tendenz hat, bei zunehmendem Barometerstand grösser oder kleiner zu werden. Eine graphische Ausgleichung, wobei man die Differenzen als Ordinaten, zu den Barometerständen als Abscissen, aufträgt, wird dann rasch die Reductionen für verschiedene Stände geben.

Ein anderes Mittel, um rasch ein Feder-Barometer auf Theilung in weiteren Grenzen zu untersuchen, besteht in einer Bergbesteigung mit Zuziehung eines Quecksilber-Barometers, welches man von Zeit zu Zeit aufstellt und gemeinsam mit dem Feder-Barometer abliest, oder in einer Bergbesteigung über Punkte, deren Höhen von der Landesaufnahme gegeben sind. Kann man beides vereinigen, so ist es noch besser.

Wir geben in Folgendem ein solches Beispiel mit dem vorhin betrachteten Instrument Elliot 2224, das auf dem Weg von Bühl über die Badener Höhe bis Forbach (in Baden) mit dem Quecksilberbarometer Fig. 15 S. 79, auf 9 Höhenpunkten der badischen Landesaufnahme verglichen wurde. Die eingesetzten Ablesungen Q_0 und F_0 sind bereits auf 0^0 Temperatur reducirt.

Ort und Zeit der Vergleichung		Höhe über Normal-Null	Luft-Temp. C	Quecksilb. Barom. auf 0^0 reducirt Q_0	Federbar. Elliot 2224 auf 0^0 red. F_0	Differenz $Q_0 - F_0$	Correspondirend *) Bühl Bahnhof Luft C^0	Barom. Q_0
4. Sept. 1874.		m	°	mm	mm	mm	°	mm
1. Bühl, Bahnhof	6 h 38 m	137,6	18,7	752,5	751,3	+ 1,2	18,7	752,5
2. Bühlerthal Schulhaus	8 h 51 m	277,0	14,8	742,0	741,3	+ 0,7	17,5	753,7
3. Blättig	11 h 20 m	782,0	13,0	698,8	697,2	+ 1,6	15,1	754,0
4. Sand-Wirthshaus	12 h 10 m	837,0	12,8	695,1	692,9	+ 2,2	16,0	754,3
5. „ „	1 h 5 m	837,0	14,0	694,9	692,7	+ 2,2	16,0	754,2
6. Badener Höhe	3 h 0 m	1002,8	12,5	679,7	677,3	+ 2,4	17,7	753,5
7. Seekopf	3 h 50 m	1002,1	12,5	679,5	677,3	+ 2,2	18,0	753,4
8. Wilder See	4 h 40 m	829,5	14,0	694,1	692,2	+ 1,9	18,0	753,4
9. Forbach-Kirche	6 h 40 m	331,7	15,0	736,3	735,0	+ 1,3	17,4	753,8

*) Die correspondirenden Messungen sind in Wirklichkeit auf der 40 km entfernten Station Karlsruhe gemacht und nur, um eine möglichst übersichtliche Tabelle zu haben, hier so reducirt eingesetzt, als ob sie auf der Anfangsstation Bühl gemacht wären.

Die Differenzen $Q_0 - F_0$ zeigen zunächst im Allgemeinen, dass das Instrument Elliot 2224 eine gute Theilung hat, und für manche Zwecke wird man die Theilung schlechthin als fehlerfrei gelten lassen können.

Die Differenzen $Q_0 - F_0$ zeigen aber doch eine Neigung, bei grossen Höhen, d. h. bei kleinen Barometerständen, etwas zuzunehmen. Um diese Zunahme zu berechnen, können wir so verfahren: Wir bilden aus allen 9 Vergleichungen zwei Gruppen, für die niederen und für die hohen Stationen, und bilden für jede Gruppe ein Mittel:

Niedere Stationen			Hohe Stationen		
	Q_0 (mm)	$Q_0 - F_0$ (mm)		Q_0 (mm)	$Q_0 - F_0$ (mm)
1.	752,5	+ 1,2	3.	698,8	+ 1,6
2.	742,0	+ 0,7	4.	695,1	+ 2,2
			5.	694,9	+ 2,2
			6.	679,7	+ 2,4
			7.	679,5	+ 2,2
9.	736,3	+ 1,3	8.	694,1	+ 1,9
Mittel	743,6	+ 1,07	Mittel	690,4	+ 2,08

Diese Mittel vergleicht man wieder unter sich:

$$743,6 - 690,4 = +\,53,2 \text{ mm} \qquad 1,07 \text{ mm} - 2,08 \text{ mm} = -\,1,01 \text{ mm}$$

$$\frac{1,01}{53,2} = 0,019 \text{ oder } 1,9\% \qquad (6)$$

Die Theilung zeigt also innerhalb des untersuchten Intervalls einen Fehler von 1,9% in dem Sinn, dass sie die Höhenunterschiede zu gross giebt.

Um dieses in einer Formel auszudrücken, kann man schreiben:

$$Q_0 - F_0 = +\,1,07 \text{ mm} + 0,019\,(743,6 - Q_0)$$

oder etwas umgeformt:

$$Q_0 - F_0 = +\,0,76 + 0,019\,(760 - Q_0)$$

und hiezu kann man folgende Tabelle berechnen:

Q_0	$Q_0 - F_0$	Q_0	$Q_0 - F_0$
760 mm	+ 0,76 mm	720 mm	+ 1,52 mm
750 „	+ 0,95 „	710 „	+ 1,71 „
740 „	+ 1,14 „	700 „	+ 1,90 „
730 „	+ 1,33 „	690 „	+ 2,09 „
720 „	+ 1,52 „	680 „	+ 2,28 „

(7)

Dieses Corrections-Täfelchen gilt natürlich nur vorbehältlich etwaiger Aenderung des Standes überhaupt, d. h. wenn z. B.

bei 760 mm in einem folgenden Jahr das Instrument 2,8 mm Stand-Correction hat, so werden auch alle andern Werthe $Q_0 - F_0$ des vorstehenden Täfelchens um 2 mm grösser.

Bis jetzt haben wir in unserer vorstehenden Tabelle S. 86 die correspondirenden Beobachtungen in Bühl unbenützt gelassen.

Man wird dieselben zur Untersuchung der Theilung des Instrumentes Elliot 2224 benützen, wenn die bisher benützten, unterwegs gemachten Quecksilberbarometer-Messungen 752,5 mm 742,0 mm . . . 763,3 mm nicht gemacht wären. Man kann dann aus den Ablesungen F_0 und den correspondirenden Stationsbeobachtungen Q_0 in Bühl (in der letzten Spalte) die Höhenunterschiede berechnen und mit den Höhenunterschieden der Landesaufnahme vergleichen.

Die Einzelrechnungen hiefür sind nach Anleitung des folgenden § 18 zu machen und führen, hiernach durchgeführt, ebenfalls zu dem Resultat, dass das Instrument Elliot die Höhenunterschiede im Mittel um etwa 1‰—2‰ zu gross giebt.

§ 17. Bestimmung der Luft-Temperatur.

Abgesehen von dem Ablesen der inneren Thermometer, von welcher bei dem Feder-Barometer S. 84 und bei dem Quecksilber-Thermometer S. 80 die Rede war, hat man zur barometrischen Höhenmessung auch die Temperatur der freien Luft zu messen.

Hiezu dienen die gewöhnlichen Glas-Thermometer, welche man, wenn sie nicht anderwärts wissenschaftlich untersucht sind, vor dem Gebrauch wenigstens dadurch prüfen soll, dass man sie in schmelzendes Eis stellt, und die hier etwa stattfindende Abweichung des Standes von 0^0 beachtet. Kleinere Abweichungen dieser Art etwa bis $0{,}5^0$ mag man vernachlässigen, denn erstens ist die streng wissenschaftliche Thermometer-Behandlung auf $0{,}1^0$ genau eine schwierige Sache, und für die barometrische Höhenmessung, bei welcher die Luft-Temperaturmessung ohnehin ein wunder Punkt ist, kann man Fehler bis $0{,}5^0$ wohl verschmerzen. (Ueber die Fragen der Meteorologie an sich, bei welchen grössere Genauigkeit erwünscht ist, vergl. den Abschnitt über Meteorologie.)

Was nun die Messung der Lufttemperatur mit einem als brauchbar erkannten Thermometer betrifft, so hat man zuerst

das Mittel, das Thermometer ruhig im Schatten, etwa ½ Stunde lang, aufzuhängen und dann abzulesen.

Hat man keinen Schatten, oder nicht die nöthige Zeit zum Ruhig-Hängen, so verwendet man das Instrument als Schleuder-Thermometer, indem man es an eine Schnur befestigt, und rasch, etwa 100 mal, umschwingt. Das Thermometer kommt dadurch mit sehr vielen Lufttheilchen in Berührung, und nimmt die Gesammt-Temperatur der Luft auch im Sonnenschein an.

Man braucht dieses Schwingen in der Luft nicht sehr oft zu machen, nur etwa von Stunde zu Stunde. Man zeichnet darnach den Gang der Luft-Temperatur in einer Curve auf und kann daraus auch für jede beliebige Zwischenzeit die Luft-Temperatur angeben.

§ 18. Theorie der barometrischen Höhenmessung. Barometrische Höhentafeln.

Die vollständige sogenannte barometrische Höhenformel ist:

$$h = 18400 \log \frac{B}{b} (1 + 0{,}003665\, t) \left(1 + 0{,}377 \frac{e}{B_0}\right) \times \times (1 + \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2H}{r}\right) \qquad (1)$$

dabei ist: 18400 die barometrische Constante,

B und b die gemessenen Barometerstände, unten und oben (auf 0^0 Temperatur reducirt),

0,003665 der Ausdehnungs-Coefficient der Luft,

t die Temperatur der Luft (z. B. durch Schleuder-Thermometer zu bestimmen),

0,377 ein Coefficient, der von der Dichte des Wasserdampfs herrührt,

e der Dunstdruck (absolute Feuchtigkeit) in der Luft,

B_0 der mittlere Barometerstand $= \frac{B + b}{2}$,

$\beta = 0{,}00257$ der Schwere-Coefficient,

φ die geographische Breite,

H die mittlere Höhe über dem Meer,

$r = 6370000$ m der Erdhalbmesser.

Wollte man alle diese Verhältnisse in jedem Falle berücksichtigen, so wäre die Berechnung barometrischer Höhen eine

sehr umständliche Sache; allein glücklicherweise haben die 3 letzten Factoren der obigen Formel so wenig Einfluss, dass man sie für weite Gebiete ein für allemal berücksichtigen und mit der Constanten 18400 zusammennehmen kann. So haben wir für zwei Fälle, nämlich erstens für Deutschland und zweitens beispielshalber für die libysche Wüste im Winter, folgende zwei Formeln gebildet:

I. Deutschland mit $\frac{e}{B} = \frac{1}{100}$, $\varphi = 50^0$ $H = 500$ m:

$$h = 18464 \log \frac{B}{b} (1 + 0{,}003665\, t) \qquad (2)$$

II. Libysche Wüste mit $\frac{e}{B} = \frac{6}{755}$, $\varphi = 27^0$ $H = 0$:

$$h = 18489 \log \frac{B}{b} (1 + 0{,}003665\, t) \qquad (3)$$

Beide Formeln differiren also nur um $\frac{25}{18480}$ oder $0{,}14\,^0/_0$, was gelegentlich ein Beweis ist, dass man mit der Mittelformel (2), welche wohl für ganz Mitteleuropa brauchbar ist, auch die gewöhnlichen rohen von Reisenden gemachten Höhenmessungen in anderen Ländern wohl berechnen kann, dass es aber für feinere Zwecke nöthig ist, jeweils eine besondere Mittelformel und besondere Hülfstafeln (oder Correctionen zu vorhandenen Tafeln) zu berechnen.

Die Ausrechnung nach einer der Formeln (2) oder (3) macht man auch nicht unmittelbar, sondern man benutzt dazu Tafeln, welche namentlich in zwei Formen üblich sind: Erstens kann man den Höhenunterschied h als ein Product darstellen, zweitens als eine Differenz.

In ein Product wird (2) umgewandelt durch die Näherungsformel:

$$h = \left\{ 2 \frac{18464}{B + b} M \, (1 + 0{,}003665\, t) \right\} (B - b) \qquad (3)$$

wo $M = 0{,}43429$ der logarithmische Modul ist.

Die Klammer $\{ \ldots \ldots \}$, welche meist etwa $= 11{,}0$ wird, heisst barometrische Höhenstufe, weil sie den Höhenwerth für eine Barometer-Differenz von 1 mm enthält.

Folgende kleine Tafel wird die Anwendung zeigen:

Barometrische Höhenstufen-Tafel.

Luft-temperatur	Mittlerer Barometerstand $\frac{B+b}{2}$												
	mm 760	mm 750	mm 740	mm 730	mm 720	mm 710	mm 700	mm 680	mm 660	mm 650	mm 640	mm 620	mm 600
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
— 5°	10,4	10,5	10,6	10,8	10,9	11,1	11,3	11,6	11,9	12,1	12,3	12,7	13,1
— 0°	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,3	11,5	11,8	12,2	12,3	12,5	12,9	13,4
+ 5°	10,7	10,9	11,0	11,2	11,3	11,5	11,7	12,0	12,4	12,6	12,8	13,2	13,6
+ 10°	10,9	11,1	11,2	11,4	11,6	11,7	11,9	12,2	12,6	12,8	13,0	13,4	13,8
+ 15°	11,1	11,3	11,4	11,6	11,8	11,9	12,1	12,4	12,8	13,0	13,2	13,6	14,1
+ 20°	11,3	11,5	11,6	11,8	12,0	12,1	12,3	12,7	13,0	13,2	13,4	13,9	14,4
+ 25°	11,5	11,7	11,8	12,0	12,2	12,3	12,5	12,9	13,3	13,5	13,7	14,1	14,6
+ 30°	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5	12,7	13,1	13,5	13,7	13,9	14,4	14,8
+ 35°	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,9	13,3	13,7	13,9	14,1	14,6	15,0

(4)

Zu einem Zahlenbeispiel hiefür nehmen wir folgendes:

Im Sandmeer der libyschen Wüste, auf der Rohlfs'schen Expedition bestieg ich am 14. Februar 1874 eine Sand-Düne, um deren Höhe zu messen. Um $9^h\ 5^m$ wurde unten abgelesen 760,2 mm, um $9^h\ 23^m$ auf dem Kamm der Düne 751,0 mm, und wieder um $9^h\ 35^m$ unten 759,8 mm, die Luft-Temperatur war 10^0. Man rechnet nun ohne irgend welche Instrumenten-Correctionen:

$$\left.\begin{array}{l} 760{,}2 - 751{,}0 = 9{,}2 \\ 759{,}8 - 751{,}0 = 8{,}8 \end{array}\right\} \text{Mittel} = 9{,}0 \text{ mm}$$

$$\text{Mittel} \quad = 755{,}5 \text{ mm} \tag{5}$$

$$\text{,, rund} = 760 \text{ mm} \qquad t = 10^0$$

Damit geht man in die vorstehende Höhenstufen-Tafel (4) ein, und findet bei 760 mm und 10^0 den Stufenwerth 10,9 m für 1 mm, also für 9,0 mm hat man $h = 9{,}0 \times 10{,}9 = 98{,}1$ m, d. h. die Höhe der Sand-Düne war 98 m.

Für solche Fälle, namentlich wenn man geradezu die Höhen-Unterschiede haben will, ist diese Berechnungsart ganz am Platz. Man gewöhnt sich auch bald, für mittlere Verhältnisse den Stufenwerth, rund 11 m für 1 mm, im Kopf zu haben, oder für überschlägliche Schätzungen noch mehr rund, schlechthin 10 m Höhe für 1 mm Barometer zu rechnen.

Zugleich ersieht man für die Genauigkeit solcher Bestimmungen das Gesetz, dass ein Barometerfehler von 0,1 mm einen Höhenfehler von rund 1 m giebt; und da man 0,1 mm niemals sicher verbürgen kann, und immer zwei Barometerfehler (oben und unten) zusammentreten, so können barometrische Höhen im günstigsten Falle auf 1 m bis 2 m genau sein.

Was die Luft-Temperatur betrifft, so braucht man bei kleineren Höhen damit nicht ängstlich zu sein, denn ein Fehler von 1^0 in der Luft-Temperatur giebt nur einen Fehler von 0,3 % der Höhe, also bei 300 m Höhe erst einen Fehler von 1 m.

Ausser der Berechnungsform, welche durch die Barometerstufentafel (4) auf S. 91 bestimmt ist, hat man noch eine zweite sehr weit verbreitete und bequeme Form mit sogenannten „rohen Meereshöhen.“

Man nimmt hiebei einen unteren Barometerstand, ungefähr = 760 mm, welches dem Luftdruck im Meeresspiegel genähert entspricht und schaltet diesen in eine der Formeln (2) oder (3) ein. Nehmen wir z. B. für Deutschland den Meeresbarometerstand = 762 mm, so kann man in der Formel (2) schreiben:

$$\log \frac{B}{b} = \log B - \log b = (\log 672 - \log b) - (\log 672 - \log B)$$

damit wird (2):

$$\left. \begin{aligned} h &= 18464\ (1 + 0{,}003665\, t)\ (\log 762 - \log b) \\ &- 18464\ (1 + 0{,}003665\, t)\ (\log 762 - \log B) \end{aligned} \right\} = H_2 - H_1 \quad (6)$$

d. h. man hat den Höhenunterschied h als Differenz zweier Höhen H_2 und H_1 dargestellt, welche sich auf einen fingirten Horizont mit der Barometer-Ablesung 762 mm beziehen.

Um zwei verschiedene Formen von Tafeln roher Meereshöhen vorzuführen, haben wir auch die Formel (3) mit dem Normalstand 764 mm behandelt, was für Egypten und die libysche Wüste im Winter gültig ist.

I. Rohe Meereshöhen für Mitteleuropa. Barometer-Normalstand = 762 mm, mittlere Luft-Temperatur = 15°.

Barometer	mm 0	mm 1	mm 2	mm 3	mm 4	mm 5	mm 6	mm 7	mm 8	mm 9
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
700	718	706	694	682	670	658	646	634	622	610
710	598	586	574	562	551	539	527	515	503	491
720	480	468	456	444	433	421	409	398	386	375
730	363	351	340	328	317	305	294	282	271	259
740	248	236	225	214	202	191	179	168	157	146
750	134	123	112	101	89	78	67	56	45	33
760	22	11	0	— 11	— 22	— 33	— 44	— 55	— 66	— 77

II. Rohe Meereshöhen für die libysche Wüste im Winter. Barometer-Normalstand = 764 mm. mittlere Luft-Temperatur = 15°.

Barometer	mm 0	mm 1	mm 2	mm 3	mm 4	mm 5	mm 6	mm 7	mm 8	mm 9
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
700	741	729	717	705	693	681	669	657	645	633
710	621	609	597	585	573	562	550	538	526	514
720	502	491	479	467	456	444	432	421	409	397
730	386	374	362	351	339	328	316	305	293	282
740	270	259	248	236	225	213	202	191	179	168
750	157	145	134	123	112	100	89	78	67	56
760	44	33	22	11	0	− 11	− 22	− 33	− 44	− 55

Obgleich diese beiden Tafeln ziemlich abweichend sind, geben sie doch in ihren Differenzen fast immer nahezu dasselbe, z. B:

	Tafel I.	Tafel II.
Obere Station 716	527 m	550 m
Untere Station 759	33 m	56 m
Differenzen	h = 494 m	h = 494 m

Ein solches Täfelchen I oder II ist auf der Reise sehr bequem, um auf einen Blick anzuzeigen, wie hoch man beiläufig ist, und hiezu ist es immerhin gut, wenn der Normalstand (762 mm bezw. 764 mm) den meteorologischen Verhältnissen einigermaassen entspricht, obgleich dieses für Differenzen gleichgültig ist. (Wenn ein Reisender nicht eines der Täfelchen I oder II unmittelbar brauchen kann, so kann er sich für seine besonderen Verhältnisse leicht ein besonderes solches Täfelchen berechnen.)

Eine ausführliche Tafel zur Berechnung barometrischer Höhen nach dem Princip der Formel (6) ist vom Verfasser herausgegeben worden.*) Wir wollen mit derselben ein Beispiel der Tabelle von S. 86 berechnen:

Untere Station Bühl $B = 753{,}4$, Lufttemperatur $= 18{,}0^0$ } Mittel
Obere Station Seekopf $b = 679{,}5$, „ $= 12{,}5^0$ } $t = 15^0$

Man schlägt die Seite der Tafel*) auf für 15° (S. 32 und 33) und findet: bei 753,4 mm 96,0 m
„ 679,5 „ 969,4 „
Differenz h = 873,4 m

*) Barometrische Höhentafeln von Jordan, zweite Auflage, Stuttgart, Metzler 1886.

Dieses ist sofort der gesuchte Höhen-Unterschied.

Vergleicht man damit die Angaben der Landesaufnahme 1002,1—137,6 = 864,5, so findet man einen Fehler von 8,9 m der in solchem Falle nicht auffällig ist.

Hiebei sind beide Messungen mit dem Quecksilber-Barometer gemacht. Rechnen wir auch mit der entsprechenden Feder-Barometer-Ablesung von S. 86, so haben wir zunächst auf Seekopf $F_0 = 677{,}3$, wozu aber, wenn man die Spalte $Q_0 - F_0$ daselbst und die Untersuchung (6) S. 87 als nicht bekannt voraussetzt, jedenfalls noch die Stand-Correction + 1,2 für den Ausgangspunkt Bühl kommt, also $b = 677{,}3 + 1{,}2 = 678{,}5$, und dieses giebt mit der unteren Station $B = 753{,}4$ und der Lufttemperatur 15° einen Höhenunterschied $h = 885{,}8$ m oder gegen den Werth 864,5 m der Landesaufnahme um 20 m zu viel, was theils von Ungenauigkeit im Allgemeinen, theils von dem auf S. 87—88 erwähnten Theilungsfehler von 1—2 % herrührt.

Solche Fehler gehören zu den grösseren, wir haben jedoch zur Mittheilung als Rechenbeispiel nicht schön stimmende Zahlen ausgesucht, um zugleich zu zeigen, welche Missstimmigkeiten man in schlimmeren Fällen zu erwarten hat. Der mittlere zu fürchtende Höhenfehler mag für unser Beispiel (ohne Instrumentenfehler) etwa 4—5 m betragen.

Im Anhang haben wir eine abgekürzte barometrische Höhentafel V gegeben, welche auf dieselbe Formel gegründet ist wie unsere soeben citirte ausführlichere Tafel.

Die abgekürzte Tafel geht nur von 1 mm zu 1 mm in den Barometerständen und von 5° zu 5° in den Temperaturen, reicht aber bis zu Höhen über 4000 m, ist also auch im Hochgebirge brauchbar.

Die Anwendung dieser Tafel sei durch ein fingirtes Beispiel erläutert:

Untere Station 754 mm Lufttemperatur = 21° }
Obere Station 549 mm „ = 12° } Mittel = 16,5°

Man rundet das Temperaturmittel auf 15° ab, und entnimmt aus der Spalte 15° der Tafel:

für 754 mm Höhe = 89 m
„ 549 „ „ = 2773 „

Höhendifferenz $h = 2684$.

§ 19. Bestimmung von Meereshöhen mit oder ohne correspondirende Beobachtungen.

Gewöhnlich setzt man bei der barometrischen Höhenmessung voraus, dass man an zwei Orten gleichzeitig (mit verglichenen Instrumenten) beobachtet habe. Sind dann die beiden Barometerstände B und b und die an beiden Orten gefundenen Lufttemperaturen $= T_1$ und T_2, so bildet man zunächst das Temperaturmittel $\frac{T_1 + T_2}{2} = t$, nimmt dieses mit B und b zusammen und findet damit aus den in § 18 beschriebenen Tafeln den Höhenunterschied h beider Stationen.

Will man dann Höhen über dem Meer haben, so erhält man hiebei diese nur insofern, als die Meereshöhe der einen Station bereits bekannt ist, indem sie vielleicht selbst am Meere liegt oder nivellitisch oder trigonometrisch mit dem Meere verbunden ist.

Die correspondirenden Stationen dürfen natürlich nicht zu weit entfernt sein. In Culturländern wird man immer auf 50—100 km Entfernung eine Station haben, und das genügt.

Auf der libyschen Expedition im Winter 1873—74 hatte ich zwei correspondirende Stationen, Kairo und Siut. Dieselben waren aber meist 500—600 km entfernt und gaben daher bei der Berechnung Widersprüche, die in einzelnen Fällen bis zu 50 m stiegen.

Hat man gar keine oder zu weit entfernte Vergleichsstationen, so muss man in anderer Weise sich helfen. Wir wollen dieses andeuten durch Fortschreiten von den rohesten Methoden bis zu den Verfeinerungen der heutigen Meteorologie.

Schon bei den Höhentäfelchen von § 18 S. 92 und S. 93 haben wir angedeutet, dass dieselben unmittelbar zur Angabe genäherter Meereshöhen dienen können.

Wenn z. B. ein Botaniker in den Alpen eine Pflanze findet und dazu sein Aneroid mit 560 mm abgelesen hat und sich dazu erinnert, dass es sehr kalt war, so kann er nach der Tafel IV des Anhangs sofort sagen, dass der Fundort der Pflanze etwa 2500 m über dem Meer war. Obgleich dieses Resultat wohl um 100 m unsicher ist, ja vielleicht um 200 m falsch sein kann, so ist es doch immerhin ein Resultat, das dem Pflanzen-Geographen vielleicht genügt.

Wer mit solch rohen Angaben zufrieden ist, der thut am einfachsten daran, ein Aneroid mit Höhenskala zu benützen, wie man sie in kleinem Format hat, er ist dann der Ablesung der Millimeter und jeder Rechnung überhoben und weiss immer, wie hoch er ist. —

Das Wichtigste ist natürlich hiebei der normale auf das Meer reducirte Barometerstand. Im Jahresmittel ist derselbe für einige Orte der folgende:

Spitzbergen	757 mm
Christiania	759 „
Königsberg	760 „
Berlin	761 „
Stuttgart	763 „
Neapel	762 „
Kairo	761 „

Weitere und genauere Angaben dieser Art sind zu finden in: Alex. Bruchan's „The mean Pressure of the Atmosphere and the Prevailing winds over the Globe, Edinburgh“ und Berghaus' Physikalischer Atlas III. Abth.: Für Meteorologie. Gotha, Justus Perthes. 1887.

Der mittlere Jahresbarometerstand ist aber noch nicht genügend, weil das Barometer eine erhebliche jährliche Periode hat. Als Beispiel nehmen wir (nach Schoder) den jährlichen Gang des Barometers in Stuttgart mit Zufügung der mittleren monatlichen Schwankung:

Stuttgart, Breite = 48° 47′, Barometer auf das Meer reducirt.

Monat	Barom. Mittel	Mittlere Schwankung	Monat	Barom. Mittel	Mittlere Schwankung
Januar	764,3 mm	± 15 mm	Juli	762,8 mm	± 7 mm
Februar	762,4 „	± 13 „	August	763,5 „	± 7 „
März	760,6 „	± 14 „	September	763,6 „	± 9 „
April	760,6 „	± 10 „	October	762,9 „	± 12 „
Mai	761,8 „	± 9 „	November	763,0 „	± 13 „
Juni	762,4 „	± 8 „	December	764,1 „	± 15 „

Jahresmittel 762,7 mm

Ein zweites Beispiel dieser Art setzen wir noch her zur Vergleichung und wegen der praktischen Bedeutung für nordafrikanische Höhenmessungen:

Kairo, Breite = 30°, Barometer auf das Meer reducirt.

Monat	Barom. Mittel	Monat	Barom. Mittel
Januar	765,2 mm	Juli	757,1 mm
Februar	764,0 „	August	757,6 „
März	761,3 „	September	759,6 „
April	760,4 „	October	762,0 „
Mai	760,3 „	November	763,4 „
Juni	758,6 „	December	764,3 „

(1)

Jahresmittel 761,2 mm

Nun hat aber der Luftdruck nicht blos eine jährliche, sondern auch eine tägliche Periode, welche bei uns unbedeutend, zwischen den Tropen erheblich ist. In der libyschen Wüste fand ich im Winter 1873—74 eine Tagesperiode, welche (um jedem Vorzeichen-Irrthum vorzubeugen) hier in Form von Barometerständen mit dem Mittelwerth 760, nebst den Abweichungen hievon, angegeben wird:

Libysche Wüste, Winter 1873—74, Breite 25°—29°.

		Barom.	Abweichung v. Mittel			Barom.	Abweichung v. Mittel
Mitternacht	12^h	760,05	+ 0,05	Mittag	12^h	760,47	+ 0,47
	2	759,66	— 0,34		2	759,52	— 0,48
	4	759,59	— 0,41		4	759,24	— 0,76
Morgen	6	759,98	— 0,02	Abend	6	759,42	— 0,58
	8	760,82	+ 0,82		8	759,88	— 0,12
	10	761,22	+ 1,22		10	760,19	+ 0,19
Mittag	12	760,47	+ 0,47	Mitternacht	12	760,05	+ 0,05

(2)

Um die Anwendung solcher Angaben an einem einfachen Beispiele zu zeigen, nehmen wir die Barometer-Beobachtungen, welche der Reisende Cailliaud im Jahre 1819 in der Oase Siuah (Jupiter-Ammon) vom 11.—22. December gemacht hat. Nach Reduction auf 0° und einer Interpolation am 13. December, sind diese Cailliaud'schen Messungen folgende:

Tag			Morgens $7^h - 8^h$	Mittags $12^h - 1^h$	Abends $4^h - 5^h$	
1819.	11.	Dcbr.	766,6 mm	765,5 mm	764,0 mm	
	12.	„	762,7 „	761,5 „	761,2 „	
	13.	„	763,8 „	(764,1) „	764,2 „	
	14.	„	768,1 „	768,3 „	767,4 „	
	15.	„	770,1 „	767,7 „	765,9 „	
	16.	„	767,6 „	765,5 „	764,6 „	(3)
	17.	„	764,8 „	763,8 „	762,8 „	
	18.	„	765,0 „	763,8 „	765,2 „	
	19.	„	766,2 „	765,7 „	764,7 „	
	20.	„	763,9 „	763,0 „	760,9 „	
	21.	„	760,6 „	759,3 „	757,5 „ Sturm	
	22.	„	759,1 „	760,0 „	759,8 „ Regen	
		Mittel	764,9 mm	764,2 mm	763,2 mm	

Nun steht nach unsern Bestimmungen vom Winter 1873—74 (s. o. (2)) in der libyschen Wüste das Barometer Morgens 7½ Uhr etwa 0,6 mm über dem Tagesmittel, Mittags 12½ Uhr etwa 0,2 mm über dem Tagesmittel und Abends 4½ Uhr 0,7 mm unter dem Tagesmittel; man hat also zur Reduction der Werthe (3) auf das Tagesmittel folgende Reductionen:

	— 0,6 mm	— 0,2 mm	+ 0,7 mm	
Reducirte Mittel	764,3 mm	764,0 mm	763,9 mm	(4)
Gesammtmittel		764,1 mm		

Damit vergleicht man den Stand 764,3 mm, welcher nach der Tabelle (1) für Mitte December im Meer zu rechnen ist, und hienach würde Siuah, — 0,2 mm entsprechend, 2 Meter über dem Meere liegen, und das ist zunächst alles, was man aus den oben bei (3) angegebenen Cailliaud'schen Zahlen an sich folgern kann.

Bedenkt man allerdings, dass am 21.—22. December Sturm und Regen war, also wahrscheinlich abnorm niedriger Barometerstand, so kann man etwa diese zwei Tage ausschliessen und findet dann für Siuah eine Tiefe von etwa 7 m unter dem Meer, die auf etwa 15 m wächst, wenn man einige Nachbarmessungen von Cailliaud (die wir hier nicht mitgetheilt haben) zuzieht.

Wir wollen hier keinerlei Entscheidung treffen, wir haben im Gegentheil dieses Beispiel deswegen vorgeführt, um zu

zeigen, in welche Zweifel man durch solche barometrische Höhenberechnungen ohne correspondirende Beobachtungen meist versetzt wird. Es bleibt dann häufig nichts übrig, als nach Gutdünken ein Resultat anzunehmen, aber die natürliche Unsicherheit eines solchen Resultats beizufügen.

In dem vorliegenden Falle der Ammons-Oase Siuah haben unsere eigenen Messungen vom Winter 1873—74, bezogen auf correspondirende Beobachtungen von Kairo und Siut, in Verbindung mit jenen alten Cailliaud'schen Messungen von 1819, zu der Annahme geführt, dass Siuah etwa 25 m unter dem Meere liegt mit einem mittleren Fehler von $= \pm$ 15 m.

§ 20. Genauigkeit der barometrischen Höhenmessung.

Unter verschiedenen Umständen ist die Zuverlässigkeit barometrischer Höhenangaben sehr verschieden.

Ausser den Bemerkungen, welche wir schon gelegentlich in § 18—19 über Genauigkeitsverhältnisse gemacht haben, lässt sich als Zusammenfassung noch Folgendes angeben:

Kleinere Höhenunterschiede, welche man in kurzer Zwischenzeit mit demselben Instrument unten und oben und nachher wieder unten, bestimmen kann, werden leicht auf 1 m — 2 m genau sein können.

Aehnlich verhält es sich mit Interpolationsmessungen zwischen zwei gegebenen Höhenpunkten. Bei der Interpolation und Anschlussfehlervertheilung werden auch die Instrumentenfehler grösstentheils eliminirt.

Aehnliche Genauigkeit, etwa 1 m — 3 m, kann man auch noch auf mehrere Kilometer Entfernung und etwa 200 m Höhe erreichen, wenn correspondirend beobachtet wird und die Instrumente gut verglichen werden.

Hat man grössere Höhen, 500 m, 1000 m und mehr, so wird, auch bei guten correspondirenden Beobachtungen, doch die Genauigkeit rasch geringer, wegen der Lufttemperaturfehler, welche für 1^0 und 300 m Höhe jedenfalls 1 m betragen, welche aber noch bedeutendere Fehlerquellen mit sich führen, weil man die eigentliche Temperatur der freien Luft durch Thermometerschwingen u. s. w. in der Nähe des Erdbodens gar nicht bestimmen kann. Eine von Bauernfeind angegebene Regel sagt, man solle solche Messungen namentlich Vormittags 10 Uhr

und Nachmittags 4 Uhr anstellen. Doch gilt diese Regel nicht allgemein.

Auf Forschungsreisen hat man es meist mit barometrischen Höhenmessungen zu thun, zu welchen entweder nur sehr entfernte oder sogar gar keine correspondirende Messungen zur Verfügung sind, und man will auch meistens sofort die Höhen über dem Meere barometrisch messen.

Wenn man in solchen Fällen die neueren Forschungen der Meteorologie, Tages- und Jahresperioden, Isobaren u. s. w. gut ausnützt, so wird wohl eine Genauigkeit auf 10 m — 20 m erreichbar sein; kennt man die Jahresperiode u. s. w. nicht, so können die mittleren zu fürchtenden Höhenfehler wohl 20 m bis 40 m und mehr, betragen.

---

§ 21. **Anhang.**

Hülfs-Tafeln.

---

s	0° 360°	180° 180°	5° 355°	185° 175°	10° 350°	190° 170°	15° 345°	195° 165°	20° 340°	200° 160°	s
	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	
1	0,0	1,0	0,1	1,0	0,2	1,0	0,3	1,0	0,3	0,9	1
2	0,0	2,0	0,2	2,0	0,3	2,0	0,5	1,9	0,7	1,9	2
3	0,0	3,0	0,3	3,0	0,5	3,0	0,8	2,9	1,0	2,8	3
4	0,0	4.0	0,3	4,0	0,7	3,9	1,0	3,9	1,4	3,8	4
5	0,0	5,0	0,4	5,0	0,9	4,9	1,3	4,8	1,7	4,7	5
6	0,0	6,0	0,5	6,0	1,0	5,9	1,6	5,8	2,1	5,6	6
7	0,0	7,0	0,6	7,0	1,2	6,9	1,8	6,8	2,4	6,6	7
8	0,0	8,0	0,7	8,0	1,4	7,9	2,1	7,7	2,7	7,5	8
9	0,0	9,0	0,8	9,0	1,6	8,9	2,3	8,7	3,1	8,5	9
10	0,0	10,0	0,9	10,0	1,7	9,8	2,6	9,7	3,4	9,4	10
11	0,0	11,0	1,0	11,0	1,9	10,8	2,8	10,6	3,8	10,3	11
12	0,0	12,0	1,0	12,0	2,1	11,8	3,1	11,6	4,1	11.3	12
13	0,0	13,0	1,1	13,0	2,3	12,8	3,4	12,6	4,4	12,2	13
14	0,0	14,0	1,2	13,9	2,4	13,8	3,6	13,5	4,8	13,2	14
15	0,0	15,0	1,3	14,9	2,6	14,8	3,9	14,5	5,1	14,1	15
16	0,0	16,0	1,4	15,9	2,8	15,8	4,1	15,5	5,5	15,0	16
17	0,0	17,0	1,5	16,9	3,0	16,7	4,4	16,4	5,8	16,0	17
18	0,0	18,0	1,6	17,9	3,1	17,7	4,7	17,4	6,2	16,9	18
19	0,0	19,0	1,7	18,9	3,3	18,7	4,9	18,4	6,5	17,9	19
20	0,0	20,0	1,7	19,9	3,5	19,7	5,2	19,3	6,8	18,8	20
21	0,0	21,0	1,8	20,9	3,6	20,7	5,4	20,3	7,2	19,7	21
22	0,0	22,0	1,9	21,9	3,8	21,7	5,7	21,3	7,5	20,7	22
23	0,0	23,0	2,0	22,9	4,0	22,7	6,0	22,2	7.9	21,6	23
24	0,0	24,0	2,1	23,9	4,2	23,6	6,2	23,2	8,2	22,6	24
25	0,0	25,0	2,2	24,9	4,3	24,6	6,5	24,1	8,6	23,5	25
26	0,0	26,0	2,3	25,9	4,5	25,6	6,7	25,1	8,9	24,4	26
27	0,0	27,0	2,4	26,9	4,7	26,6	7,0	26,1	9,2	25,4	27
28	0,0	28,0	2,4	27,9	4,9	27,6	7,2	27,0	9,6	26,3	28
29	0,0	29,0	2,5	28,9	5,0	28,6	7,5	28,0	9,9	27,3	29
30	0,0	30,0	2,6	29,9	5,2	29,5	7,8	29,0	10,3	28,2	30
31	0,0	31,0	2,7	30,9	5,4	30,5	8,0	29,9	10,6	29,1	31
32	0,0	32,0	2,8	31,9	5,6	31,5	8,3	30,9	10,9	30,1	32
33	0,0	33,0	2,9	32,9	5,7	32,5	8,5	31,9	11,3	31,0	33
34	0,0	34,0	3,0	33,9	5,9	33,5	8,8	32,8	11,6	31,9	34
35	0,0	35,0	3,1	34,9	6,1	34,5	9,1	33,8	12,0	32,9	35
36	0,0	36,0	3,1	35,9	6,3	35,5	9,3	34,8	12,3	33,8	36
37	0,0	37,0	3,2	36,9	6,4	36,4	9,6	35,7	12,7	34,8	37
38	0,0	38,0	3,3	37,9	6,6	37,4	9,8	36,7	13,0	35,7	38
39	0,0	39,0	3,4	38,9	6,8	38,4	10,1	37,7	13,3	36,6	39
40	0,0	40,0	3,5	39,8	6,9	39,4	10,4	38,6	13,7	37,6	40
41	0.0	41,0	3,6	40,8	7,1	40,4	10,6	39,6	14,0	38,5	41
42	0,0	42,0	3,7	41,8	7,3	41,4	10,9	40,6	14,4	39,5	42
43	0,0	43,0	3,7	42,8	7,5	42,3	11,1	41,5	14,7	40,4	43
44	0,0	44,0	3,8	43,8	7,6	43,3	11,4	42,5	15,0	41,3	44
45	0,0	45,0	3,9	44,8	7,8	44,3	11,6	43,5	15,4	42,3	45
46	0,0	46,0	4,0	45,8	8,0	45,3	11,9	44,4	15,7	43,2	46
47	0,0	47,0	4,1	46,8	8,2	46,3	12,2	45,4	16,1	44,2	47
48	0,0	48,0	4,2	47,8	8,3	47,3	12,4	46,4	16,4	45,1	48
49	0,0	49,0	4,3	48,8	8,5	48,3	12,7	47,3	16.8	46,0	49
50	0,0	50,0	4,4	49,8	8,7	49,2	12,9	48,3	17,1	47,0	50
51	0,0	51,0	4,4	50,8	8,9	50.2	13,2	49,3	17,4	47,9	51
52	0,0	52,0	4,5	51,8	9.0	51,2	13,5	50,2	17,8	48,9	52
53	0,0	53,0	4,6	52,8	9,2	52,2	13,7	51,2	18,1	49,8	53
54	0,0	54,0	4,7	53,8	9,4	53,2	14,0	52,2	18,5	50,7	54
55	0,0	55,0	4,8	54,8	9,6	54,2	14,2	53,1	18,8	51,7	55
56	0,0	56,0	4,9	55,8	9,7	55,1	14,5	54,1	19,2	52,6	56
57	0,0	57,0	5,0	56,8	9,9	56,1	14,8	55,1	19,5	53,6	57
58	0,0	58,0	5,1	57,8	10,1	57,1	15,0	56,0	19,8	54,5	58
59	0,0	59,0	5,1	58,8	10,2	58,1	15,3	57,0	20,2	55,4	59
60	0,0	60,0	5,2	59,8	10,4	59,1	15,5	58,0	20,5	56,4	60
	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	
s	90° 270°	270° 90°	95° 265°	275° 85°	100° 260°	280° 80°	105° 255°	285° 75°	110° 250°	290° 70°	s

(Vergl. S. 54.)

s	25° 335°	205° 155°	30° 330°	210° 150°	35° 325°	215° 145°	40° 320°	220° 140°	45° 315°	225° 135°	s
	$s \sin \alpha$	$s \cos \alpha$	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	
1	0,4	0,9	0,5	0,9	0,6	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7	1
2	0,8	1,8	1.0	1,7	1,1	1,6	1,3	1,5	1,4	1,4	2
3	1,3	2,7	1,5	2,6	1,7	2,5	1,9	2,3	2,1	2,1	3
4	1,7	3,6	2,0	3,5	2,3	3,3	2,6	3,1	2,8	2,8	4
5	2,1	4,5	2,5	4,3	2,9	4,1	3,2	3,8	3,5	3,5	5
6	2,5	5,4	3,0	5,2	3,4	4,9	3,9	4,6	4,2	4,2	6
7	3,0	6,3	3,5	6,1	4,0	5,7	4,5	5,4	4,9	4,9	7
8	3,4	7,3	4,0	6,9	4,6	6,6	5,1	6,1	5,7	5,7	8
9	3,8	8,2	4,5	7,8	5,2	7,4	5,8	6,9	6,4	6,4	9
10	4,2	9,1	5,0	8,7	5,7	8,2	6,4	7,7	7,1	7,1	10
11	4,6	10,0	5,5	9,5	6,3	9,0	7,1	8,4	7,8	7,8	11
12	5,1	10,9	6,0	10,4	6,9	9,8	7,7	9,2	8,5	8,5	12
13	5,5	11,8	6,5	11,3	7.5	10,6	8,4	10,0	9,2	9,2	13
14	5,9	12,7	7,0	12,1	8,0	11,5	9,0	10,7	9,9	9,9	14
15	6,3	13,6	7,5	13,0	8,6	12,3	9,6	11,5	10,6	10,6	15
16	6,8	14,5	8,0	13,9	9.2	13,1	10,3	12,3	11,3	11,3	16
17	7,2	15,4	8,5	14,7	9,8	13,9	10,9	13,0	12,0	12,0	17
18	7,6	16,3	9,0	15,6	10,3	14,7	11,6	13,8	12.7	12,7	18
19	8,0	17,2	9,5	16,5	10,9	15,6	12,2	14,6	13,4	13,4	19
20	8,5	18,1	10,0	17,3	11.5	16,4	12,9	15,3	14.1	14,1	20
21	8,9	19,0	10,5	18,2	12,0	17,2	13.5	16,1	14,8	14,8	21
22	9,3	19,9	11,0	19,1	12,6	18,0	14,1	16,9	15,6	15,6	22
23	9,7	20,8	11,5	19,9	13,2	18,8	14,8	17,6	16,3	16,3	23
24	10,1	21,8	12.0	20,8	13,8	19,7	15,4	18,4	17,0	17,0	24
25	10,6	22,7	12,5	21,7	14,3	20,5	16,1	19,2	17,7	17,7	25
26	11,0	23,6	13,0	22,5	14,9	21,3	16,7	19,9	18,4	18,4	26
27	11,4	24,5	13,5	23,4	15,5	22,1	17.4	20,7	19,1	19,1	27
28	11,8	25,4	14,0	24,2	16,1	22,9	18,0	21,4	19,8	19,8	28
29	12,3	26,3	14,5	25,1	16,6	23,8	18,6	22,2	20,5	20,5	29
30	12,7	27,2	15,0	26,0	17,2	24,6	19,3	23,0	21,2	21,2	30
31	13,1	28,1	15,5	26,8	17,8	25,4	19,9	23,7	21,9	21,9	31
32	13,5	29,0	16,0	27,7	18,4	26,2	20,6	24,5	22,6	22,6	32
33	13,9	29,9	16,5	28,6	18,9	27,0	21,2	25,3	23,3	23,3	33
34	14,4	30,8	17,0	29,4	19,5	27,9	21,9	26,0	24,0	24,0	34
35	14,8	31,7	17,5	30,3	20,1	28,7	22,5	26,8	24,7	24,7	35
36	15,2	32,6	18,0	31,2	20,6	29,5	23,1	27,6	25,5	25,5	36
37	15,6	33,5	18,5	32,0	21,2	30,3	23,8	28,3	26,2	26,2	37
38	16,1	34,4	19,0	32,9	21,8	31,1	24,4	29,1	26,9	26,9	38
39	16,5	35,3	19,5	33,8	22,4	31,9	25,1	29,9	27,6	27,6	39
40	16,9	36,3	20,0	34,6	22,9	32,8	25,7	30.6	28,3	28,3	40
41	17,3	37,2	20,5	35,5	23,5	33,6	26,4	31,4	29,0	29,0	41
42	17,7	38,1	21,0	36,4	24,1	34,4	27,0	32,2	29,7	29,7	42
43	18,2	39,0	21,5	37,2	24,7	35,2	27,6	32,9	30,4	30,4	43
44	18,6	39,9	22,0	38,1	25,2	36,0	28,3	33,7	31,1	31,1	44
45	19,0	40,8	22,5	39,0	25,8	36,9	28,9	34,5	31,8	31,8	45
46	19,4	41,7	23,0	39,8	26,4	37,7	29,6	35,2	32,5	32,5	46
47	19,9	42,6	23,5	40,7	27,0	38,5	30,2	36,0	33,2	33,2	47
48	20,3	43,5	24,0	41,6	27,5	39,3	30,9	36,8	33,9	33,9	48
49	20,7	44,4	24,5	42,4	28,1	40.1	31,5	37,5	34,6	34,6	49
50	21,1	45,3	25,0	43,3	28,7	41,0	32,1	38,3	35,4	35,4	50
51	21,6	46,2	25,5	44,2	29,3	41,8	32,8	39,1	36,1	36,1	51
52	22,0	47,1	26,0	45,0	29,8	42,6	33,4	39,8	36,8	36,8	52
53	22,4	48,0	26,5	45,9	30,4	43,4	34,1	40,6	37,5	37,5	53
54	22,8	48,9	27,0	46,8	31,0	44,2	34,7	41,4	38,2	38,2	54
55	23,2	49,8	27,5	47,6	31,5	45,1	35,4	42,1	38,9	38,9	55
56	23,7	50,8	28,0	48,5	32.1	45,9	36,0	42,9	39,6	39,6	56
57	24,1	51,7	28,5	49,4	32,7	46,7	36,6	43,7	40,3	40,3	57
58	24,5	52,6	29,0	50,2	33,3	47,5	37,3	44,4	41,0	41,0	58
59	24,9	53,5	29,5	51,1	33,8	48,3	37,9	45,2	41,7	41,7	59
60	25,4	54,4	30,0	52,0	34,4	49,1	38,6	46,0	42,4	42,4	60
	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	
s	115° 245°	295° 65°	120° 240°	300° 60°	125° 235°	305° 55°	130° 230°	310° 50°	135° 225°	315° 45°	s

(Vergl. S. 54.)

Geogr. Breite	Parallelkreisbogen für 1°	10′	10″	Zeit 1m	1s	Geogr. Breite	Parallelkreisbogen für 1°	10′	10″	Zeit 1m	1s
	km	km	km	km	km		km	km	km	km	km
0°	111,31	18,55	0,31	27,83	0,46	45°	78,84	13,14	0,22	19,71	0,33
1°	111,29	18,55	0,31	27,82	0,46	46°	77,45	12,91	0,22	19,36	0,32
2°	111,24	18,54	0,31	27,81	0,46	47°	76,05	12,68	0,21	19,01	0,32
3°	111,16	18,53	0,31	27,79	0,46	48°	74,62	12,44	0,21	18,65	0,31
4°	111,04	18,51	0,31	27,76	0,46	49°	73,16	12,19	0,20	18,29	0,30
5°	110,89	18,48	0,31	27,72	0,46	50°	71,69	11,95	0,20	17,92	0,30
6°	110,70	18,45	0,31	27,68	0,46	51°	70,19	11,70	0,19	17,55	0,29
7°	110,48	18,41	0,31	27,62	0,46	52°	68,67	11,45	0,19	17,17	0,29
8°	110,23	18,37	0,31	27,56	0,46	53°	67,13	11,19	0,19	16,78	0,28
9°	109,95	18,32	0,31	27,49	0,46	54°	65,57	10,93	0,18	16,39	0,27
10°	109,63	18,27	0,30	27,41	0,46	55°	63,99	10,67	0,18	16,00	0,27
11°	109,27	18,21	0,30	27,32	0,45	56°	62,39	10,40	0,17	15,60	0,26
12°	108,89	18,15	0,30	27,22	0,45	57°	60,76	10,13	0,17	15,19	0,25
13°	108,47	18,08	0,30	27,12	0,45	58°	59,13	9,86	0,16	14,78	0,25
14°	108,02	18,00	0,30	27,01	0,45	59°	57,47	9,58	0,16	14,37	0,24
15°	107,54	17,92	0,30	26,88	0,45	60°	55,79	9,30	0,15	13,95	0,23
16°	107,02	17,84	0,30	26,76	0,45	61°	54,10	9,02	0,15	13,53	0,23
17°	106,47	17,75	0,30	26,62	0,44	62°	52,39	8,73	0,15	13,10	0,22
18°	105,89	17,65	0,29	26,47	0,44	63°	50,67	8,44	0,14	12,67	0,21
19°	105,28	17,55	0,29	26,32	0,44	64°	48,93	8,15	0,14	12,23	0,20
20°	104,63	17,44	0,29	26,16	0,44	65°	47,17	7,86	0,13	11,79	0,20
21°	103,96	17,33	0,29	25,99	0,43	66°	45,40	7,57	0,13	11,35	0,19
22°	103,25	17,21	0,29	25,81	0,43	67°	43,61	7,27	0,12	10,90	0,18
23°	102,51	17,09	0,28	25,63	0,43	68°	41,82	6,97	0,12	10,45	0,17
24°	101,74	16,96	0,28	25,43	0,42	69°	40,01	6,67	0,11	10,00	0,17
25°	100,94	16,82	0,28	25,23	0,42	70°	38,18	6,36	0,11	9,55	0,16
26°	100,11	16,68	0,28	25,03	0,42	71°	36,35	6,06	0,10	9,08	0,15
27°	99,24	16,54	0,28	24,81	0,41	72°	34,50	5,75	0,10	8,62	0,14
28°	98,35	16,39	0,27	24,59	0,41	73°	32,64	5,44	0,09	8,16	0,14
29°	97,43	16,24	0,27	24,36	0,41	74°	30,78	5,13	0,09	7,69	0,13
30°	96,47	16,08	0,27	24,12	0,40	75°	28,90	4,82	0,08	7,22	0,12
31°	95,49	15,92	0,27	23,87	0,40	76°	27,01	4,50	0,08	6,75	0,11
32°	94,48	15,75	0,26	23,62	0,39	77°	25,12	4,19	0,07	6,28	0,10
33°	93,44	15,57	0,26	23,36	0,39	78°	23,22	3,87	0,06	5,80	0,10
34°	92,37	15,40	0,26	23,09	0,38	79°	21,31	3,55	0,06	5,33	0,09
35°	91,28	15,21	0,25	22,82	0,38	80°	19,39	3,23	0,05	4,85	0,08
36°	90,15	15,03	0,25	22,54	0,38	81°	17,47	2,91	0,05	4,37	0,07
37°	89,00	14,83	0,25	22,25	0,37	82°	15,54	2,59	0,04	3,89	0,06
38°	87,82	14,64	0,24	21,96	0,37	83°	13,61	2,27	0,04	3,40	0,06
39°	86,62	14,44	0,24	21,65	0,36	84°	11,67	1,95	0,03	2,92	0,05
40°	85,38	14,23	0,24	21,35	0,36	85°	9,73	1,62	0,03	2,43	0,04
41°	84,13	14,02	0,23	21,03	0,35	86°	7,79	1,30	0,02	1,95	0,03
42°	82,84	13,81	0,23	20,71	0,34	87°	5,84	0,97	0,02	1,46	0,02
43°	81,53	13,59	0,23	20,38	0,34	88°	3,90	0,65	0,01	0,97	0,02
44°	80,20	13,37	0,22	20,05	0,33	89°	1,95	0,33	0,01	0,49	0,01
45°	78,84	13,14	0,22	19,71	0,33	90°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Geogr. Breite	Meridianbogen 1°	10′	1′	10″	1″	Geogr. Breite	Meridianbogen 1°	10′	1′	10″	1″
	km	km	km	km	km		km	km	km	km	km
0°	110,56	18,43	1,84	0,31	0,03	50°	111,22	18,54	1,85	0,31	0,03
10°	110,60	18,43	1,84	0,31	0,03	60°	111,40	18,57	1,86	0,31	0,03
20°	110,69	18,45	1,84	0,31	0,03	70°	111,55	18,59	1,86	0,31	0,03
30°	110,84	18,47	1,85	0,31	0,03	80°	111,65	18,61	1,86	0,31	0,03
40°	111,02	18,50	1,85	0,31	0,03	90°	111,68	18,61	1,86	0,31	0,03

(Vergl. S. 59.)

III.

Reduction des Quecksilberbarometers auf 0°

für Messingskale mit der Normaltemperatur 0°

— 0,000162 *Bt*.

Temperatur C°	Barometerstand *B* in Millimetern.												Temperatur C°
	600	620	640	660	680	700	710	720	730	740	750	760	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1°
2°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2°
3°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	3°
4°	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4°
5°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5°
6°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	6°
7°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	7°
8°	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	8°
9°	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	9°
10°	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10°
11°	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	11°
12°	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	12°
13°	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	13°
14°	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	14°
15°	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	15°
16°	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	16°
17°	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	17°
18°	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	18°
19°	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	19°
20°	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	20°
21°	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	21°
22°	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,9	2,7	2,7	22°
23°	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	23°
24°	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	24°
25°	2,4	2,5	2,6	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	25°
26°	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	26°
27°	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	27°
28°	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	28°
29°	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	29°
30°	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	30°
31°	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	31°
32°	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	32°
33°	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1	33°
34°	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	34°
35°	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,3	4,3	35°

(Vergl. S. 80.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
450	4223	4301	4378	4456	4533	4610	4688	18,8	15,5
451	4206	4283	4360	4437	4514	4591	4668	18,8	15,4
452	4188	4265	4342	4418	4495	4572	4649	18,7	15,4
453	4170	4247	4323	4400	4476	4552	4629	18,7	15,3
454	4153	4229	4305	4381	4457	4533	4609	18,6	15,2
455	4135	4211	4286	4362	4438	4514	4590	18,6	15,2
456	4117	4193	4268	4344	4419	4494	4569	18,6	15,1
457	4100	4175	4250	4325	4400	4475	4551	18,5	15,0
458	4082	4157	4232	4307	4382	4457	4532	18,5	15,0
459	4065	4139	4214	4288	4363	4437	4512	18,4	14,9
460	4047	4121	4195	4270	4344	4418	4492	18,4	14,8
461	4030	4104	4177	4251	4325	4399	4473	18,4	14,8
462	4012	4086	4160	4233	4307	4380	4454	18,3	14,7
463	3995	4068	4142	4215	4288	4361	4435	18,3	14,6
464	3978	4051	4124	4197	4270	4342	4415	18,2	14,6
465	3960	4033	4106	4178	4251	4323	4396	18,2	14,5
466	3943	4016	4088	4160	4232	4305	4377	18,2	14,5
467	3926	3998	4070	4142	4214	4286	4358	18,1	14,4
468	3909	3981	4052	4124	4196	4267	4339	18,1	14,3
469	3892	3963	4035	4106	4177	4249	4320	18,0	14,3
470	3875	3946	4017	4088	4159	4230	4301	18,0	14,2
471	3858	3928	3999	4070	4141	4211	4282	18,0	14,1
472	3841	3911	3981	4052	4122	4193	4263	17,9	14,1
473	3824	3894	3964	4034	4104	4174	4244	17,9	14,0
474	3807	3877	3946	4016	4086	4156	4226	17,9	14,0
475	3790	3859	3929	3998	4068	4137	4207	17,8	13,9
476	3773	3842	3911	3981	4050	4119	4188	17,8	13,8
477	3756	3825	3894	3963	4032	4101	4170	17,7	13,8
478	3739	3808	3877	3945	4014	4082	4151	17,7	13,7
479	3723	3791	3859	3927	3996	4064	4132	17,7	13,6
480	3706	3774	3842	3910	3978	4046	4114	17,6	13,6
481	3689	3757	3825	3892	3960	4028	4095	17,6	13,5
482	3673	3740	3807	3875	3942	4009	4077	17,6	13,5
483	3656	3723	3790	3857	3924	3991	4058	17,5	13,4
484	3639	3706	3773	3840	3906	3973	4040	17,5	13,3
485	3623	3689	3756	3822	3888	3955	4021	17,4	13,3
486	3605	3672	3738	3805	3871	3937	4004	17,4	13,2
487	3590	3656	3721	3787	3853	3919	3985	17,4	13,2
488	3573	3639	3704	3770	3835	3901	3966	17,3	13,1
489	3557	3622	3687	3753	3818	3883	3948	17,3	13,0
490	3541	3605	3670	3735	3800	3865	3930	17,3	13,0
491	3524	3589	3653	3718	3783	3847	3912	17,2	12,9
492	3508	3572	3637	3701	3765	3830	3894	17,2	12,9
493	3492	3556	3620	3684	3748	3812	3876	17,2	12,8
494	3475	3539	3603	3667	3730	3794	3858	17,1	12,7
495	3459	3523	3586	3649	3713	3776	3840	17,1	12,7

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
495	3459	3523	3586	3649	3713	3776	3840	17,1	12,7
496	3443	3506	3569	3632	3695	3759	3822	17,1	12,6
497	3427	3490	3553	3615	3678	3741	3804	17,0	12,6
498	3411	3473	3536	3598	3661	3723	3786	17,0	12,5
499	3395	3457	3519	3581	3644	3706	3768	17,0	12,4
500	3379	3441	3502	3564	3626	3688	3750	16,9	12,4
501	3363	3424	3486	3548	3609	3671	3732	16,9	12,3
502	3347	3408	3469	3531	3592	3653	3715	16,9	12,3
503	3331	3392	3453	3514	3575	3636	3697	16,8	12,2
504	3315	3375	3436	3497	3558	3618	3679	16,8	12,2
505	3299	3359	3420	3480	3541	3601	3662	16,8	12,1
506	3283	3343	3403	3464	3524	3584	3644	16,7	12,0
507	3267	3327	3387	3447	3507	3566	3626	16,7	12,0
508	3251	3311	3371	3430	3490	3549	3609	16,7	11,9
509	3236	3295	3354	3413	3473	3532	3591	16,6	11,9
510	3220	3279	3338	3397	3456	3515	3574	16,6	11,8
511	3204	3263	3322	3380	3439	3498	3556	16,6	11,7
512	3188	3247	3305	3364	3422	3481	3539	16,5	11,7
513	3173	3231	3289	3347	3406	3464	3522	16,5	11,6
514	3157	3215	3273	3331	3389	3447	3504	16,5	11,6
515	3142	3199	3257	3314	3372	3430	3487	16,4	11,5
516	3126	3183	3241	3298	3355	3413	3470	16,4	11,5
517	3111	3168	3225	3282	3339	3396	3453	16,4	11,4
518	3095	3152	3209	3265	3322	3379	3435	16,3	11,3
519	3080	3136	3193	3249	3305	3362	3418	16,3	11,3
520	3064	3120	3176	3233	3289	3345	3401	16,3	11,2
521	3049	3105	3161	3216	3272	3328	3384	16,2	11,2
522	3033	3089	3145	3200	3256	3311	3367	16,2	11,1
523	3018	3073	3129	3184	3239	3295	3350	16,2	11,1
524	3003	3058	3113	3168	3223	3278	3333	16,1	11,0
525	2987	3042	3097	3152	3206	3261	3316	16,1	11,0
526	2972	3027	3081	3136	3190	3244	3299	16,1	10,9
527	2957	3011	3065	3120	3174	3228	3282	16,1	10,8
528	2942	2996	3050	3104	3157	3211	3265	16,0	10,8
529	2926	2980	3034	3087	3141	3195	3248	16,0	10,7
530	2911	2965	3018	3071	3125	3178	3231	16,0	10,7
531	2896	2949	3002	3056	3109	3162	3215	15,9	10,6
532	2881	2934	2987	3040	3092	3145	3198	15,9	10,6
533	2866	2919	2971	3024	3076	3129	3181	15,9	10,5
534	2851	2903	2856	3008	3060	3113	3165	15,8	10,5
535	2836	2888	2940	2992	3044	3096	3148	15,8	10,4
536	2821	2873	2925	2976	3028	3080	3132	15,8	10,4
537	2806	2858	2909	2961	3012	3063	3115	15,8	10,3
538	2791	2842	2894	2945	2996	3047	3098	15,7	10,2
539	2776	2827	2878	2929	2980	3031	3082	15,7	10,2
540	2761	2812	2863	2913	2964	3015	3065	15,7	10,1

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
540	2761	2812	2863	2913	2964	3015	3065	15,7	10,1
541	2746	2797	2847	2898	2948	2998	3049	15,6	10,1
542	2732	2782	2832	2882	2932	2982	3032	15,6	10,0
543	2717	2767	2817	2867	2916	2966	3016	15,6	10,0
544	2702	2752	2801	2851	2900	2950	3000	15,6	9,9
545	2687	2737	2786	2835	2885	2934	2983	15,5	9,9
546	2673	2722	2771	2820	2869	2918	2967	15,5	9,8
547	2658	2707	2756	2804	2853	2902	2951	15,5	9,8
548	2643	2692	2741	2789	2837	2886	2934	15,4	9,7
549	2629	2677	2725	2773	2822	2870	2918	15,4	9,6
550	2614	2662	2710	2758	2806	2854	2902	15,4	9,6
551	2600	2647	2695	2743	2790	2838	2886	15,4	9,5
552	2585	2633	2680	2727	2775	2822	2870	15,3	9,5
553	2571	2618	2665	2712	2759	2806	2854	15,3	9,4
554	2556	2603	2650	2697	2744	2791	2837	15,3	9,4
555	2542	2588	2635	2682	2728	2775	2821	15,2	9,3
556	2527	2574	2620	2666	2713	2759	2805	15,2	9,3
557	2513	2559	2605	2651	2697	2743	2789	15,2	9,2
558	2498	2544	2590	2636	2682	2728	2774	15,2	9,2
559	2484	2530	2575	2621	2666	2712	2757	15,1	9,1
560	2470	2515	2560	2606	2651	2696	2742	15,1	9,1
561	2455	2500	2546	2591	2636	2681	2726	15,1	9,0
562	2441	2486	2531	2576	2620	2665	2710	15,1	9,0
563	2427	2471	2516	2561	2605	2650	2694	15,0	8,9
564	2413	2457	2501	2546	2590	2634	2678	15,0	8,9
565	2398	2442	2486	2531	2574	2618	2662	15,0	8,8
566	2384	2428	2472	2516	2559	2603	2647	14,9	8,7
567	2370	2414	2457	2501	2544	2588	2631	14,9	8,7
568	2356	2399	2442	2486	2529	2572	2615	14,9	8,6
569	2342	2385	2428	2471	2514	2557	2599	14,9	8,6
570	2328	2371	2413	2456	2499	2541	2584	14,8	8,5
571	2314	2356	2399	2441	2483	2526	2568	14.8	8,5
572	2300	2342	2384	2426	2468	2511	2553	14,8	8,4
573	2286	2328	2370	2412	2453	2495	2537	14,8	8,4
574	2272	2313	2355	2397	2438	2480	2522	14,7	8,3
575	2258	2299	2341	2382	2423	2465	2506	14,7	8,3
576	2244	2285	2326	2367	2408	2450	2491	14,7	8,2
577	2230	2571	2312	2353	2394	2434	2475	14,7	8,2
578	2216	2257	2297	2338	2379	2419	2460	14,6	8,1
579	2202	2243	2283	2323	2364	2404	2444	14,6	8,1
580	2188	2229	2269	2309	2349	2389	2429	14,6	8,0
581	2175	2215	2254	2294	2334	2374	2414	14,6	8,0
582	2161	2200	2240	2280	2319	2359	2399	14,5	7,9
583	2146	2185	2225	2265	2305	2345	2384	14,5	7,9
584	2133	2172	2212	2251	2290	2329	2368	14,5	7,8
585	2120	2158	2197	2236	2275	2314	2353	14,5	7,8

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
585	2120	2158	2197	2236	2275	2314	2358	14,5	7,8
586	2106	2145	2183	2222	2260	2299	2388	14,4	7,7
587	2092	2131	2169	2207	2246	2284	2322	14,4	7,7
588	2079	2117	2155	2193	2281	2269	2307	14,4	7,6
589	2065	2103	2141	2179	2216	2254	2292	14,4	7,6
590	2051	2089	2127	2164	2202	2239	2277	14,3	7,5
591	2038	2075	2113	2150	2187	2225	2262	14,3	7,5
592	2024	2061	2098	2136	2173	2210	2247	14,3	7,4
593	2011	2048	2085	2121	2158	2195	2232	14,3	7,4
594	1997	2034	2070	2107	2144	2180	2217	14,2	7,3
595	1984	2020	2056	2098	2129	2165	2202	14,2	7,8
596	1970	2006	2042	2079	2115	2151	2187	14,2	7,2
597	1957	1993	2029	2065	2100	2136	2172	14,2	7,2
598	1943	1979	2015	2050	2086	2122	2157	14,1	7,1
599	1930	1965	2001	2036	2072	2107	2142	14,1	7,1
600	1917	1952	1987	2022	2057	2092	2127	14,1	7,0
601	1903	1938	1973	2008	2043	2078	2113	14,1	7,0
602	1890	1925	1959	1994	2029	2063	2098	14,1	6,9
603	1877	1911	1946	1980	2014	2049	2083	14,0	6,9
604	1863	1898	1932	1966	2000	2034	2068	14,0	6,8
605	1850	1884	1918	1952	1986	2020	2053	14,0	6,8
606	1837	1870	1904	1938	1972	2005	2039	14,0	6,7
607	1824	1857	1891	1924	1957	1991	2024	13,9	6,7
608	1810	1844	1877	1910	1943	1976	2010	13,9	6,6
609	1797	1830	1863	1896	1929	1962	1995	13,9	6,6
610	1784	1817	1850	1882	1915	1948	1980	13,9	6,5
611	1771	1803	1836	1868	1901	1933	1966	13,8	6,5
612	1758	1790	1822	1855	1887	1919	1951	13,8	6,4
613	1745	1777	1809	1841	1873	1905	1937	13,8	6,4
614	1732	1763	1795	1827	1859	1890	1922	13,8	6,4
615	1719	1750	1782	1813	1845	1876	1908	13,8	6,3
616	1706	1737	1768	1799	1831	1862	1893	13,7	6,3
617	1693	1724	1755	1786	1817	1848	1879	13,7	6,2
618	1680	1710	1741	1772	1803	1834	1864	13,7	6,2
619	1667	1697	1728	1758	1789	1819	1850	13,7	6,1
620	1654	1684	1714	1745	1775	1805	1835	13,6	6,1
621	1641	1671	1701	1731	1761	1791	1821	13,6	6,0
622	1628	1658	1688	1718	1747	1777	1807	13,6	6,0
623	1615	1645	1674	1704	1734	1763	1793	13,6	5,9
624	1602	1632	1661	1690	1720	1749	1779	13,6	5,9
625	1590	1619	1648	1677	1706	1735	1764	13,5	5,8
626	1577	1606	1635	1663	1692	1721	1750	13,5	5,8
627	1564	1593	1621	1650	1679	1707	1736	13,5	5,7
628	1551	1579	1608	1036	1665	1693	1722	13,5	5,7
629	1538	1566	1595	1623	1651	1679	1707	13,4	5,6
630	1525	1553	1581	1609	1637	1665	1693	13,4	5,6

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
630	1525	1553	1581	1609	1637	1665	1693	13,4	5,6
631	1513	1540	1568	1596	1624	1651	1679	13,4	5,5
632	1500	1527	1555	1582	1610	1637	1665	13,4	5,5
633	1487	1515	1542	1569	1596	1624	1651	13,4	5,5
634	1475	1502	1529	1556	1583	1610	1637	13,3	5,4
635	1462	1489	1516	1542	1569	1596	1623	13,3	5,4
636	1450	1476	1503	1529	1556	1582	1609	13,3	5,3
637	1437	1463	1489	1516	1542	1569	1595	13,3	5,3
638	1424	1450	1476	1502	1529	1555	1581	13,3	5,2
639	1412	1438	1463	1489	1515	1541	1567	13,2	5,2
640	1399	1425	1450	1476	1502	1527	1553	13,2	5,1
641	1387	1412	1437	1463	1488	1514	1539	13,2	5,1
642	1374	1399	1424	1450	1475	1500	1525	13,2	5,0
643	1362	1387	1412	1436	1461	1486	1511	13,2	5,0
644	1349	1374	1399	1423	1448	1473	1498	13,1	4,9
645	1337	1361	1386	1410	1435	1459	1484	13,1	4,9
646	1324	1349	1373	1397	1421	1446	1470	13,1	4,9
647	1312	1336	1360	1384	1408	1432	1456	13,1	4,8
648	1300	1323	1347	1371	1395	1419	1442	13,1	4,8
649	1287	1311	1334	1358	1382	1405	1429	13,0	4,7
650	1275	1298	1321	1345	1368	1392	1415	13,0	4,7
651	1263	1286	1309	1332	1355	1378	1401	13,0	4,6
652	1250	1273	1296	1319	1342	1365	1388	13,0	4,6
653	1238	1260	1283	1306	1329	1351	1374	13,0	4,5
654	1226	1248	1271	1293	1315	1338	1360	12,9	4,5
655	1213	1236	1258	1280	1302	1325	1347	12,9	4,4
656	1201	1223	1245	1267	1289	1311	1333	12,9	4,4
657	1189	1211	1232	1254	1276	1298	1320	12,9	4,4
658	1177	1198	1220	1241	1263	1285	1306	12,9	4,3
659	1165	1186	1207	1229	1250	1271	1293	12,8	4,3
660	1152	1173	1195	1216	1237	1258	1279	12,8	4,2
661	1140	1161	1182	1203	1224	1245	1266	12,8	4,2
662	1128	1149	1169	1190	1211	1232	1252	12,8	4,1
663	1116	1136	1157	1177	1198	1218	1239	12,8	4,1
664	1104	1124	1144	1165	1185	1205	1225	12,7	4,0
665	1092	1112	1132	1152	1172	1192	1212	12,7	4,0
666	1080	1100	1119	1139	1159	1179	1199	12,7	4,0
667	1068	1087	1107	1126	1146	1166	1185	12,7	3,9
668	1056	1075	1094	1114	1133	1153	1172	12,7	3,9
669	1044	1063	1082	1101	1120	1139	1159	12,6	3,8
670	1032	1051	1070	1088	1107	1126	1145	12,6	3,8
671	1020	1038	1057	1076	1095	1113	1132	12,6	3,7
672	1008	1026	1045	1063	1082	1100	1119	12,6	3,7
673	996	1014	1032	1051	1069	1087	1106	12,6	3,7
674	984	1002	1020	1038	1056	1074	1092	12,6	3,6
675	972	990	1008	1026	1043	1061	1079	12,5	3,6

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
675	972	990	1008	1026	1043	1061	1079	12,5	3,6
676	960	978	996	1013	1031	1048	1066	12,5	3,5
677	949	966	983	1001	1018	1035	1053	12,5	3,5
678	937	954	971	988	1005	1022	1040	12,5	3,4
679	925	942	959	976	993	1010	1027	12,5	3,4
680	913	930	946	963	980	997	1013	12,4	3,3
681	901	918	934	951	967	984	1000	12,4	3,3
682	890	906	922	938	955	971	987	12,4	3,3
683	878	894	910	926	942	958	974	12,4	3,2
684	866	882	898	914	929	945	961	12,4	3,2
685	854	870	886	901	917	933	948	12,3	3,1
686	843	858	873	889	904	920	935	12,3	3,1
687	831	846	861	877	892	907	922	12,3	3,0
688	819	834	849	864	879	894	909	12,3	3,0
689	808	822	837	852	867	882	896	12,3	3,0
690	796	810	825	840	854	869	883	12,3	2,9
691	784	799	813	827	842	856	871	12,2	2,9
692	773	787	801	815	829	844	858	12,2	2,8
693	761	775	789	803	817	831	845	12,2	2,8
694	750	763	777	791	805	818	832	12,2	2,7
695	738	752	765	779	792	806	819	12,2	2,7
696	726	740	753	766	780	793	807	12,2	2,7
697	715	728	741	754	767	781	794	12,1	2,6
698	703	716	729	742	755	768	781	12,1	2,6
699	692	705	717	730	743	755	768	12,1	2,5
700	680	693	705	718	730	743	755	12,1	2,5
701	669	681	694	706	718	730	743	12,1	2,5
702	658	670	682	694	706	718	730	12,1	2,4
703	646	658	670	682	694	706	717	12,0	2,4
704	635	646	658	670	681	693	705	12,0	2,3
705	623	635	646	658	669	681	692	12,0	2,3
706	612	623	635	646	657	668	680	12,0	2,2
707	601	612	623	634	645	656	667	12,0	2,2
708	589	601	611	622	633	643	654	11,9	2,2
709	578	589	599	610	621	631	642	11,9	2,1
710	567	577	588	598	608	619	629	11,9	2,1
711	555	566	576	586	596	606	617	11,9	2,0
712	544	554	564	574	584	594	604	11,9	2,0
713	533	543	553	562	572	582	592	11,9	2,0
714	522	531	541	550	560	570	579	11,8	1,9
715	511	520	529	539	548	557	567	11,8	1,9
716	500	508	518	527	536	545	554	11,8	1,8
717	488	497	506	515	524	533	542	11,8	1,8
718	477	486	494	503	512	521	530	11,8	1,7
719	466	474	483	491	500	509	517	11,8	1,7
720	455	463	471	480	488	496	505	11,7	1,7

(Vergl. S. 94.)

IV. Barometrische Höhen-Tafel.

B	Lufttemperatur.							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
720	455	463	471	480	488	496	505	11,7	1,7
721	443	452	460	468	476	484	492	11,7	1,6
722	432	440	448	456	464	472	480	11,7	1,6
723	421	429	437	444	452	460	468	11,7	1,5
724	410	418	425	433	440	448	456	11,7	1,5
725	399	406	414	421	428	436	443	11,7	1,5
726	388	395	402	409	417	424	431	11,7	1,4
727	377	384	391	398	405	412	419	11,6	1,4
728	366	373	379	386	393	400	406	11,6	1,3
729	355	362	368	375	381	388	394	11,6	1,3
730	344	350	357	363	369	376	382	11,6	1,3
731	333	339	345	351	358	364	370	11,6	1,2
732	322	328	334	340	346	352	358	11,6	1,2
733	311	317	323	328	334	340	345	11,5	1,1
734	300	306	311	317	322	328	333	11,5	1,1
735	289	295	300	305	311	316	321	11,5	1,1
736	278	284	289	294	299	304	309	11,5	1,0
737	267	272	277	282	287	292	297	11,5	1,0
738	257	261	266	271	275	280	285	11,5	0,9
739	246	250	255	259	264	268	273	11,4	0,9
740	235	239	243	248	252	256	261	11,4	0,9
741	224	228	232	236	241	245	249	11,4	0,8
742	213	217	221	225	229	233	237	11,4	0,8
743	202	206	210	214	217	221	225	11,4	0,7
744	192	195	199	202	206	209	213	11,4	0,7
745	181	184	188	191	194	198	201	11,4	0,7
746	170	173	176	179	183	186	189	11,3	0,6
747	159	162	165	168	171	174	177	11,3	0,6
748	148	151	154	157	160	162	165	11,3	0,5
749	138	140	143	146	148	151	153	11,3	0,5
750	127	130	132	134	137	139	141	11,3	0,5
751	117	119	121	123	125	127	129	11,3	0,4
752	106	108	110	112	114	116	118	11,2	0,4
753	95	97	99	101	102	104	106	11,2	0,3
754	85	86	88	89	91	92	94	11,2	0,3
755	74	75	77	78	79	81	82	11,2	0,3
756	64	65	66	67	68	69	70	11,2	0,2
757	53	54	55	56	57	58	59	11,2	0,2
758	42	43	44	45	45	46	47	11,2	0,1
759	32	32	33	33	34	35	35	11,1	0,1
760	21	21	22	22	23	23	23	11,1	0,1
761	10	11	11	11	11	11	12	11,1	0,0
762	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0,0
763	—11	—11	—11	—11	—11	—11	—12	11,1	—0,0
764	—21	—21	—22	—22	—23	—23	—23	11,1	—0,1
765	—31	—32	—33	—33	—34	—34	—35	11,1	—0,1

(Vergl. S. 94.)

V. Trigonometrische Höhenmessung.

$$h = a \text{ tang } \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2$$

Höhen-winkel	Entfernung a in Kilometern.																			
α	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0° 0′	0	1	2	4	7	9	13	17	21	26	32	38	45	52	60	67	76	86	96	106
0° 5′	3	7	11	16	21	27	33	40	48	55	64	73	83	93	104	114	126	138	151	164
0° 10′	6	13	20	28	36	44	54	64	74	85	96	108	121	134	147	160	175	191	207	223
0° 15′	9	19	29	39	50	62	74	87	100	114	128	143	159	175	191	207	225	243	262	281
0° 20′	12	24	37	51	65	79	95	110	126	143	160	178	197	215	235	253	274	296	317	338
0° 25′	15	30	46	63	79	97	115	134	152	172	192	213	234	256	278	300	324	348	373	396
0° 30′	18	36	55	74	94	114	135	157	179	201	224	248	272	296	321	347	373	401	427	454
0° 35′	21	42	64	86	109	132	156	180	205	230	256	283	310	337	365	393	423	452	482	512
0° 40′	24	48	72	97	123	149	176	203	231	259	288	318	347	377	408	440	472	504	537	570
0° 45′	27	54	81	109	138	167	197	227	257	289	320	353	385	418	452	486	521	556	592	629
0° 50′	29	59	90	121	152	184	217	250	284	318	352	388	423	459	496	533	570	609	648	687
0° 55′	32	65	99	132	167	202	237	273	310	347	385	423	460	500	539	579	620	661	703	745
1° 0′	35	71	107	144	181	219	258	297	336	376	416	457	498	540	583	626	669	714	758	803
1° 5′	38	77	116	156	196	237	278	320	362	405	448	492	536	581	626	672	719	766	814	862
1° 10′	41	83	125	167	210	254	299	343	388	434	480	527	574	622	670	719	768	818	869	920
1° 15′	44	89	134	179	225	272	319	367	415	463	512	562	612	663	714	766	818	871	924	978
1° 20′	47	94	142	191	240	289	339	390	441	492	544	597	650	703	757	812	867	923	980	
1° 25′	50	100	151	202	254	307	360	413	467	521	576	632	687	744	801	859	917	976		
1° 30′	53	106	160	214	269	324	380	437	493	550	608	666	725	785	845	905	966			
1° 35′	56	112	168	226	283	342	401	460	519	579	640	701	763	826	888	952				
1° 40′	59	118	177	237	298	359	421	483	545	608	672	736	801	866	932	999				
1° 45′	61	123	186	249	313	377	441	506	571	637	704	771	839	907	976					
1° 50′	64	129	195	261	327	394	462	529	597	667	736	806	877	948						
1° 55′	67	135	203	273	342	412	482	552	624	696	768	841	914	989						
2° 0′	70	141	212	284	356	429	502	576	650	725	800	876	952							
2° 5′	73	147	221	296	371	446	522	599	676	754	832	911	990							
2° 10′	76	153	230	307	385	463	543	622	702	783	864	946								
2° 15′	79	158	238	319	400	481	563	646	729	812	896	981								
2° 20′	82	164	247	331	414	498	583	669	755	841	928									
2° 25′	85	170	256	342	429	516	604	692	781	870	960									
2° 30′	88	176	265	354	444	533	624	715	807	900	992									
2° 35′	91	182	273	366	458	551	645	739	833	929										
2° 40′	94	188	282	377	473	568	665	762	860	958										
2° 45′	96	193	291	389	487	586	685	785	886	988										
2° 50′	99	199	300	401	502	603	706	809	912											
2° 55′	102	205	308	412	517	621	726	832	938											
3° 0′	105	211	317	424	532	639	747	856	965											
3° 5′	108	217	326	435	545	656	767	879	991											
3° 10′	111	222	334	447	560	674	788	902												
3° 15′	114	228	343	458	574	691	808	926												
3° 20′	118	234	352	470	589	708	828	949												
3° 25′	120	240	361	482	604	726	849	972												
3° 30′	123	246	369	493	618	743	869	996												

(Vergl. S. 78.)

Geologie.

Von

F. Frhr. v. Richthofen.

Unter den zahlreichen Gesichtspunkten, nach denen sich dem Reisenden eine Fülle von Stoff zu unausgesetzter Beobachtung darbietet, nimmt derjenige, welcher sich auf die Zusammensetzung der festen Erdoberfläche und ihre fortdauernde Umgestaltung bezieht, eine bevorzugte Stellung ein. Wohl kann man durch Messung nach der Horizontalen und Verticalen und darauf gegründete Kartenzeichnung die orographischen Gestaltungen — wie die Form und Vertheilung von Gebirgen und Hochflächen, von Thälern und Niederungen, von Halbinseln und Inselgruppen, von Meeresküsten und Strombecken — kennen lernen; auch vermag man die Bedeutung dieser Bodenformen für meterologische Vorgänge, für die Verbreitung von Pflanzen und Thieren, sowie für die Ansiedelungen und den Verkehr der Menschen festzustellen. Aber die Gestaltungen an sich bleiben starre und todte Gebilde; Inhalt und Leben erhalten sie erst, wenn die Forschung sich in ihr inneres Wesen vertieft. Gerade wie wir hinsichtlich der Gegenstände der organischen Natur ein morphologisches Verständniss nur auf Grundlage anatomischer, histologischer und embryologischer Untersuchungen gewinnen können, so lässt sich eine tiefere Erkentniss der einzelnen Gestaltungselemente der Erdoberfläche nur dann erreichen, wenn wir uns mit ihrem allgemeinen inneren Bau, der Art und Anordnungsweise der einzelnen Bestandtheile und ihrer Entwickelungsgeschichte im Verhältniss zum Erdganzen, sowie mit jenen Vorgängen ununterbrochener Veränderungen

bekannt gemacht haben, welche ihr Analogon in den physiologischen Processen der organischen Welt haben. Will daher der Reisende für das tiefere Verständniss der Erdräume, welche er erforscht, beitragen, so muss er seine Thätigkeit diesen Aufgaben zuwenden. Dieselben gehören theils der Geologie, theils der physischen Geographie, theils einem breiten Grenzgebiet zwischen beiden an, innerhalb dessen die Scheidelinie beider Wissenschaften je nach individueller Neigung nach der einen oder anderen Seite verschoben werden kann. Wenn hier aus Zweckmässigkeitsrücksichten das ganze weite Feld der „Geologie" zugetheilt wird, so wird der Dehnbarkeit dieses Namens nach seiner etymologischen Bedeutung Rechnung getragen. Grosse Theile der „physischen Geographie" haben in anderen Abschnitten dieses Buches Berücksichtigung gefunden. Dagegen mussten wichtige und grundlegende Gebiete der reinen Geologie, welche der geographischen Forschung fern liegen, und welche nur der Geologe von Fach auf Reisen pflegen wird, insbesondere die Paläontologie und specielle Petrographie, hier ausgelassen oder nur vorübergehend behandelt werden.

Alle hier in Betracht kommenden Gegenstände sind, nebst manchen anderen, eingehender und ausführlicher in des Verfassers grösserem Werk: „Führer für Forschungsreisende" (Berlin 1886, bei Robert Oppenheim) behandelt worden. Für diejenigen, welche eine über die an gegenwärtiger Stelle erforderliche skizzenhafte Behandlung hinausgehende Anleitung suchen, möge ein für alle Male auf das genannte Buch verwiesen werden.

A. Vorbereitung und allgemeine Arbeit.

Beispiele der Elementar-Untersuchung. — Um uns zunächst in ganz allgemeiner Weise über die hier in Betracht kommenden Aufgaben klar zu werden, setzen wir den einfachen Fall, den sich Jeder nach Vorbildern in seiner Heimath oder ihm sonst bekannten Ländern vergegenwärtigen kann: ein Reisender, mit geringer Vorbildung in der Geologie, aber bestrebt, die ihm gebotene Gelegenheit nach seinen Kräften zur Vermehrung der Kenntniss auf diesem Gebiet zu benutzen, lange auf einem Gebirgspass an und sehe vor sich ein Thal ausgebreitet, durch welches sich ein Fluss schlängele, jenseits dessen ein anderer

Hügelzug mit einzelnen höheren Gipfeln in der Ferne ansteige. Sein Weg führe ihn quer über das Thal hinweg, und an dem jenseitigen Gehänge allmählich hinan nach dem Kamm. Gebirge und Thal, wenn auch ihrer Existenz nach bekannt, seien doch in ihrem inneren Bau noch unerforscht. Was kann er thun, um sein Bestreben auszuführen und Beobachtungen mitzubringen, die einen wirklichen Einblick in die geologischen Verhältnisse gewähren, oder die Geologie nach anderen Richtungen hin zu fördern geeignet sind? Viele schrecken vor der Schwierigkeit der Aufgabe zurück, oder nehmen im besten Fall einige planlos aufgelesene Gesteinsstücke mit, deren Fundorte sie später vielleicht noch annähernd anzugeben wissen, und erwarten von dem Geologen, dass er daraus den Bau des durchreisten Landes construire. Diese Methode ist unzureichend, und die ganze auf das Sammeln und Fortschaffen der Gesteinsstücke verwendete Mühe vergeblich.

Nehmen wir an, der Reisende bestimme die Lage des Passes astronomisch, um ihn als einen der Stützpunkte für die topographische Karte der bereisten Gegend, deren Anfertigung ihm obliegt, zu benutzen. Zunächst wird er die Namen des Passes, des Gebirges, in dem er liegt, des Flusses im Thalgrunde, der daran liegenden Ortschaften und des jenseitigen Höhenzuges zu erfragen suchen, sowie auch diejenigen der in der Ferne sichtbaren hohen Gipfel, deren Richtung er mit dem Compass oder Theodolit bestimmt. Sodann schlägt er, nach den später anzugebenden Regeln, ein Handstück des Gesteins, das am Pass ansteht, und nimmt es mit, entweder zum Beleg seiner Beobachtungen und zu eigenem späterem Studium, oder um es nach der Rückkehr einem Fachmann vorzulegen. An und für sich hat das einzelne Stück keinen Werth. Es erhält ihn zum Theil dadurch, dass der Ort, von wo es stammt, sich auf der Karte genau bestimmen lässt. Doch hat es auch dann noch eine untergeordnete Bedeutung; denn es lässt sich nicht ersehen, ob das Gestein örtlich beschränkt vorkommt oder ein ganzes Gebirge zusammensetzt, noch auch, von welchem Alter es ist, und wie es sich zur Structur der ganzen Gegend verhält. Um eine Grundlage für die Beantwortung dieser Fragen zu schaffen, wird die Beobachtung bei dem Abstieg nach dem Thal ohne Unterlass fortgesetzt. Vielleicht bildet die Gebirgsart, sei sie Granit, oder Kalkstein, oder von anderer Art,

den ganzen Abhang, und dann genügt die einfache Constatirung dieser Thatsache im Tagebuch. Vielleicht macht sie bald anderen Gesteinen Platz, indem z. B. Schieferthon und Kalkstein auf Granit folgen, oder unter einer Basaltdecke, in der der Pass sich befindet, Glimmerschiefer zu Tage tritt. In solchem Fall wird unser Reisender auch von diesen Gesteinen Handstücke schlagen und auf der Karte die Stellen bezeichnen, von denen sie herrühren, sowie im Tagebuch und auf Zetteln, die den Gesteinsstücken beigelegt werden, ihre Reihenfolge genau notiren. Ebenso wird er bei dem jenseitigen Anstieg verfahren. Vielleicht ist er so glücklich, in einer Schicht einige Versteinerungen zu finden. Mit dem Werth, den sie für den Geologen haben, vertraut, wird er sie besonders sorgfältig sammeln, und genau feststellen, aus welchem Theil seiner Reihenfolge von Gesteinen sie stammen.

So wird die Art und das Nebeneinander der Gesteine in mehr- oder minder vollkommener Weise ergründet werden. Aber die Beobachtungen müssen sich nothwendigerweise auch auf das Uebereinander derselben erstrecken, damit man erkenne, in welcher Weise die einzelnen gesammelten Gesteine an dem architektonischen Aufbau der beiden Gebirgszüge theilnehmen, und wie sie sich zunächst dem Wege des Reisenden weiter verbreiten. Wie Viel er von diesen Verhältnissen feststellen kann, wird sich zum Theil nach der Gunst der Umstände richten. Ein Schnitt quer durch das Gebirge, wie ihn zuweilen die Durchbruchsthäler bieten, würde am geeignetsten sein, sie zu erschliessen. Dem zunächst an Werth kommt ein vom Wasser ausgefurchter Einschnitt in die Oberfläche von der Kammhöhe nach dem Fuss des Abhanges. Die gegenseitigen Begrenzungsflächen der einzelnen Gesteine sind hier zu jeder Seite entblösst und geben sich in ihren Durchschnittslinien mit den Wänden der Schluchten zu erkennen, besonders wenn diese zu grosser Tiefe ausgewaschen sind. Verlängert man die Flächen gegen das Innere des Berges, so erhält man ein Bild des Gebirgsbaues, welches wenigstens annähernd richtig sein kann.

Angenommen, der Weg von unserem Pass nach dem Thal führe in einer tiefen Schlucht hinab, so wird es sich hier zeigen, in welcher Weise entweder die Schichten eines und desselben Gesteins, oder die geschichteten und ungeschichteten

Massen verschiedener Gesteine gegen einander angeordnet sind. Hat man es mit Sandstein, Schiefern oder Kalkstein zu thun, so lagern die Schichten selten horizontal, sondern sind unter einem gewissen Winkel, oder auch unter verschiedenen Winkeln geneigt, und zwar ist meistentheils die Neigung entweder in das Innere des Gebirges oder von ihm hinweg gerichtet. Um das Verhältniss zu einem klaren und kurzen Zahlenausdruck zu bringen, bestimmt man mit dem Compass die Richtungen des Streichens und des Fallens — d. h. 1) die Himmelsrichtung einer auf der Schichtungsfläche gedachten Horizontallinie, und 2) diejenige, nach welcher die Fläche geneigt ist, sowie den Winkel, welchen die Neigung mit der Horizontalebene bildet. Bei einiger Erfahrung wird es auch gelingen, anzugeben, wie viel Zehner oder Hunderte oder Tausende von Metern die Mächtigkeit — d. h. die Dicke in einer zu den Schichtebenen rechtwinkligen Richtung — einer durch gleiches oder ähnliches Gestein ausgezeichneten Reihenfolge von Schichten beträgt. Da nun in der Regel ein und dasselbe Gestein mit wenig wechselnder Mächtigkeit weithin fortsetzt, so lässt sich, wenn die Streichrichtung bekannt ist, auch der Bau der beiderseits an die Schlucht angrenzenden Theile des von ihr verquerten Gebirges im Allgemeinen übersehen. Treten in einem der Gesteine Steinkohlen oder Erze auf, so muss auch die Art wie diese vorkommen genau untersucht werden. Gewöhnlich ist das Gestein von lockerem Erdboden bedeckt, der von sehr verschiedener Beschaffenheit sein kann; auch er wird in die Untersuchung hineingezogen.

So wird der fortdauernd beobachtende Reisende ohne viel Mühe, und mit desto weniger je mehr seine Erfahrung wächst, eine Reihe von Thatsachen sammeln, aus deren Vereinigung sich ein, wenn auch noch unvollkommenes Bild von dem Gesteinsaufbau, d. i. von dem geologischen Bau der beiden das Thal einschliessenden Gebirge und der zwischen ihnen dem Thalboden aufgelagerten Sedimente, gewinnen lassen wird. Er kann es vervollständigen, indem er mit besonderer Sorgfalt die äusseren Formen des Gebirges auf seiner Karte niederlegt, die Lage der Hauptgipfel, die Richtung der Kämme und Abfälle, der Nebenhöhen und Wasserläufe, die Neigungswinkel der Gehänge in verschiedenen Höhen, die Richtung des Hauptthales, so weit es sichtbar ist, die Breite, Form und Beschaffenheit

des Flussbettes, die Geschwindigkeit des Stromes, die Beschaffenheit und Ausdehnung der Alluvien zu seinen Seiten, ihre Abgrenzung entweder durch eine ebene Terrasse von gerollten Gesteinstrümmern oder unmittelbar durch die Gebirgsgehänge, untersucht; und das Verständniss wird erleichtert werden, wenn möglichst viele Höhenbestimmungen gemacht werden. Wie diese hier in flüchtigen Umrissen angedeuteten Beobachtungen ausgeführt werden, worauf besonders das Augenmerk zu richten ist, und welche anderweitige Gesichtspunkte dabei noch unter mannigfach sich ändernden Verhältnissen festzuhalten sind, dies ist der Zweck unserer Auseinandersetzung.

Aehnlich wie in dem bisher angenommenen Fall der aufmerksame Beobachter, auch ohne bedeutende Vorkenntnisse, mitten im Lande ein Bild von den geologischen Verhältnissen zu liefern im Stande ist, welches dem Fachgelehrten verständlich ist und von ihm zu weiteren Schlüssen benutzt werden kann, so vermag er dies auch bei dem Landen auf einer Insel oder an einer fernen Küste zu thun, mit dem Unterschied, dass hier die Aufgabe eine ungleich leichtere ist. Zunächst bietet sich ausgiebige Gelegenheit zum Sammeln, da Raum und Gewicht bei einer Reise zu Schiff keine Beschränkung auferlegen. Die topographische Küstenaufnahme ist vorhanden und kann mit geringer Mühe nach dem Inneren hin vervollständigt werden. Es ist in diesem Fall stets das Beste, zunächst sich von einem hohen Aussichtspunkt eine Uebersicht der Gegend zu verschaffen, dann die Details derselben eingehend zu studiren und schliesslich noch einmal das Ganze zu überblicken. Andererseits aber treten an den Küsten noch vielerlei andere besondere Untersuchungen hinzu, von denen später die Rede sein wird.

Allgemeine Gesichtspunkte. — Es lassen sich aus den angeführten Beispielen im Umriss die Aufgaben übersehen welche sich der geologischen Forschung in einer gar nicht oder unvollkommen bekannten Gegend bieten. Sie bestehen im Sammeln, Beobachten und Aufzeichnen, und diese drei Beschäftigungen müssen fortdauernd Hand in Hand gehen. Am wichtigsten ist die Beobachtung, aber nur wenn sie durch die beiden anderen Arten der Thätigkeit controlirt und in ihrer Ursprünglichkeit zu Papier gebracht wird. Die Gesichtspunkte,

welche sich ihr bieten, sind die folgenden: 1) das durch möglichst viele Höhenmessungen gestützte und durch das Auge vervollständigte oroplastische Bild der bereisten Gegend; — 2) der Charakter und die Arten der Gesteine und Formationen, welche das Land zusammensetzen; — 3) die Art, in welcher dieselben einerseits in der Horizontalen und Verticalen, andererseits in Beziehung auf die Zeitalter ihrer Entstehung aufeinander folgen; — 4) die Stellung, welche sie in der Geschichte der Erde einnehmen, d. h. ihre Einreihung in die nach ihrer chronologischen Folge bestimmten Formationsreihen anderer Länder; — 5) die Art, in welcher sie sich zu Gebirgen aufbauen oder die Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllen; — 6) die Art, in welcher diese Gebirge gegenseitig angeordnet sind und Länder oder Inselreihen zusammensetzen; — 7) die Veränderungen, welche an deren Oberfläche durch Verwitterung, Erosion, Wirkung des Eises, Ablagerung von Zerstörungsproducten, vulcanische Thätigkeit, positive oder negative Strandverschiebung, Arbeit der Brandungswelle, Umlagerung durch Meeresströmungen und durch mancherlei andere Agentien nachweislich stattgefunden haben und noch stattfinden; — 8) die technische Verwerthbarkeit einzelner Gesteine und das Auftreten nutzbarer Mineralstoffe in ihnen.

Erforderliche Vorkenntnisse. — Die vorstehenden Aufgaben wird der Einzelne, je nach dem Grad seiner Vorkenntnisse und praktischen Erfahrung, sowie nach dem Maass der ihm gebotenen oder von ihm aufgesuchten Gelegenheiten, in mehr oder minder vollständiger Weise zu lösen vermögen. Keiner sollte vor den scheinbaren Schwierigkeiten zurückschrecken; denn in wenigen anderen Wissenschaften setzen elementare Beobachtungen so wenige und so leicht zu erwerbende Vorkenntnisse voraus als in der Geologie. Wer immer hinreichende Sorgfalt darauf verwendet, vermag durch verständiges und planmässiges Sammeln von Gesteinsstücken Fragmente zur geologischen Kenntniss zu liefern; und wer mit offenen Augen reist, kann eine Menge werthvoller Beobachtungen nach den unter 1, 3, 5, 6, 7, 8 (s. oben) angeführten Gesichtspunkten, sowie Material zur Lösung der in 2 und 4 enthaltenen Fragen mitbringen. Je vollkommener die Vorbildung, desto höher können natürlich die Leistungen sein, und desto grösseren Werth wird jede einzelne Beobachtung haben. Absolut erforderlich ist

die Kenntniss der verbreitesten Gesteine und der gebräuchlichsten geologischen Ausdrücke. Die letzteren kann man sich durch das aufmerksame Studium von Lehrbüchern (s. unten S. 128) aneignen. Die Gesteine aber und die richtige Anwendung ihrer Namen lassen sich nur nach Schaustücken in Sammlungen einprägen, wenn man sie unter kundiger Anleitung gründlich besichtigt und studirt. Eine bessere Vorbereitung für Reisen ist es, eine eigene Sammlung anzulegen, die sich auf das Wichtigste beschränkt und an deren Hand man die betreffenden allgemein verständlichen Werke mit Sorgfalt liest. Wer sich des ABC in der Geologie unkundig erweist, indem er beispielsweise (wie dies häufig geschieht) einen Sandstein oder Trachyt, weil sie körnig sind, als Granit beschreibt, oder einen versteinerungsführenden Kalk als Muschelkalk bezeichnet, oder jede kesselförmige Vertiefung einen Krater nennt, der kann höchstens durch Sammeln etwas leisten, aber seine aufgezeichneten Beobachtungen werden als verlorene Mühe betrachtet werden.

Die Leichtigkeit, mit der man sich eine Menge des Wissenswürdigen in der Geologie aneignen kann, führt zu einer gefährlichen Klippe, an welcher Viele scheitern. Sie besteht in der Versuchung, welche die Geologie zu weitgehenden theoretischen Schlussfolgerungen bietet. Der Laie ist zu denselben am meisten geneigt. Die Vorsicht wächst mit der Kenntniss und Erfahrung, und die Schlussfolgerungen von höheren Gesichtspunkten aus sollten Denen überlassen bleiben, welche neben ausgedehnter Uebung im Felde die Fähigkeit zu gründlichem geologischem Arbeiten im Studirzimmer erlangt haben. Je reiner sich die Beobachtung von der Theorie hält, desto werthvoller ist sie. Dies kann nicht genug beherzigt werden. Dagegen sollte man sich mit den herrschenden Theorien, insbesondere über Alles was mit Gebirgsbildung zusammenhängt, bekannt machen, um durch eigene Beobachtungen Material für ihre Begründung oder Modification beibringen zu können.

Ausrüstung. — Hammer, Compass und Aneroid sind das Handwerkszeug, ohne welches geologische Arbeit nicht ausgeführt werden kann. Nächst einem Notizbuch ist ausser ihnen nicht viel nothwendig.

Der Hammer muss besonders für den Zweck gearbeitet sein. Von seiner Beschaffenheit hängt viel ab. Mit einem schlechten hat man doppelte Arbeit, erhält unvollkommene Hand-

stücke und unterlässt oft das Sammeln; er nutzt sich leicht ab, wird dann beinahe unbrauchbar, und man hat viel Verdruss. Der dazu verwendete Stahl muss die grösste Härte besitzen, welche sich ohne zu grosse damit verbundene Sprödigkeit erreichen lässt. Von nicht geringer Wichtigkeit ist seine Form, und in dieser Hinsicht gehen die Ansichten weit auseinander. Es giebt eine Berliner, Wiener, schweizerische, italienische, englische, indische, californische etc. Form, und jede Schule hält die ihr eigenthümliche für die beste. Nachdem ich mich periodisch verschiedener Hämmer bedient habe, bin ich bei dem von Prof. Whitney bei den geologischen Aufnahmsarbeiten in Californien eingeführten stehen geblieben, da er den wirksamsten Schlag und die genaueste Arbeit gestattet. Als Regeln haben zu gelten: ein Ende ist scharf, das andere stumpf; die Schneide des Keilendes ist dem Stiel parallel; das stumpfe Ende ist parallelopipedisch (nicht abgestutzt-pyramidal, wie in den meisten Fällen); die Endfläche desselben (also auch der Querschnitt des Hammers am stumpfen Ende) ist ein Rechteck, dessen längere Seiten dem Stiel parallel sind; als das günstigste Grössenverhältniss fand ich 28 und 25 mm für die vier Seiten des Rechtecks, und 10 cm für die ganze Länge des Hammers; das Centrum des Loches für den Stiel muss mit dem Schwerpunkt zusammenfallen, und das Loch muss oben weiter sein als unten, damit, wenn das obere Ende des Stiels verkeilt ist (mit hölzernem, oder mit Widerhaken versehenem eisernem Keil), der Hammer bei dem Gebrauch nicht herausfliege; der Stiel muss ungefähr 40 cm lang, vom zähesten und härtesten Holz gearbeitet (z. B. amerikanischem Hickory-Holz), und gegen das Ende hin etwas angeschwellt sein, so dass er zu sicherem Schlag bequem in der Hand ruht. Es ist gut, einige Reservestiele und Keile mit sich zu führen. Man trägt den Hammer entweder in einem ledernen Futeral, das an einem Leibriemen auf der linken Seite des Körpers angebracht ist, oder an der Seite der ledernen Umhängetasche.

Der Compass sollte so eingerichtet sein, dass er zu verschiedenen Zwecken dient, und in Anbetracht seiner Wichtigkeit von vorzüglichster Construction sein. Erst bei einem Durchmesser des Theilungskreises von mindestens 6 bis 7 cm kann die wünschenswerthe Genauigkeit der Gradtheilung und Ablesung erreicht werden. Uhrförmige Instrumente sind zwar auch mitzunehmen und für allgemeine Arbeit zu verwenden, genügen aber nicht für exacte Beobachtung. Das runde Gehäuse sollte auf einer quadratischen Messingplatte so befestigt sein, dass die N-S-Linie einer Seite parallel ist, und das ganze Instrument in einem genau gearbeiteten Holzkasten liegen, so dass bei dem Aufklappen desselben eine ungefähr 15 cm lange Seite der N-S-Linie parallel ist. Man hat dann nur diese Seite derjenigen Linie parallel zu halten, deren Abweichung von dem magnetischen Meridian bestimmt werden soll, und kann das Resultat unmittel-

bar mit grosser Schärfe an der Stellung der Nadel ablesen. Die letztere sollte stets stabförmig, und der Kreis in 360 Grade getheilt sein. Doch ist auch eine Theilung jedes Quadranten in 90 Grad, wobei die Nullpunkte mit den Polen zusammenfallen, praktisch. Früher theilte man den geologischen Compass in die bergmännisch gebräuchlichen 24 oder zweimal 12 „Stunden“ ein; dies ist heute zum Theil noch gebräuchlich, muss aber als ganz ungenügend bezeichnet werden, da die Ablesungen mindestens auf einen Grad genau geschehen müssen.

Die angegebene Methode der Ablesung ist besonders bei Streichungsrichtungen anstehender Schichtgesteine oder eines Ganges anzuwenden. Sie ist ungenügend, wo die Richtungslinie von dem Standpunkt des Beobachters nach einem entfernteren Gegenstand, z. B. dem Gipfel eines Berges, bestimmt werden soll. Dazu muss an dem Compass eine Azimutvorrichtung angebracht sein. Ein einfaches Visir zum Aufklappen, bestehend in einem senkrecht stehenden, mit einem Schlitz versehenen Stäbchen am Südende, und einem ebenso gestellten, mit einem Faden, am Nordende der Gradeintheilung, ist vollkommen zweckentsprechend. Am Boden kann eine Vorrichtung zum Aufschrauben auf ein Stativ angebracht sein.

In England wendet man häufig den sogenannten prismatischen Compass an. Die Nadel trägt ein rundes Kartenblatt mit Gradeintheilung, und letztere wird, vergrössert, durch ein Prisma abgelesen. Da jedoch die Ablesung nur durch dieses geschehen kann und die Nadel mit ihrer Belastung sehr langsam schwingt, so sind diese Instrumente nur dann brauchbar, wenn man den Compass fest und in einer für diese Art des Ablesens bequemen Lage aufstellen kann; und da dies sehr häufig nicht möglich ist, so beeinträchtigt man leicht die Genauigkeit, welche die Methode zu erhöhen bestimmt ist.

An jedem geologischen Compass befindet sich ein Klinometer, um den Winkel zu bestimmen, den eine geneigte Linie oder Fläche mit dem Horizont bildet. Die Genauigkeit der Bestimmung wird um so grösser sein, je länger die gerade Linie des Instrumentes ist, welche man in die zu bestimmende Neigung zu bringen vermag. Fällt der Nullpunkt des Klinometers mit dem W- oder O-Punkt des Compasses zusammen, so kann man die sechszöllige Seite des geöffneten Kästchens zum Anlegen auf einer geneigten Schichtfläche benutzen und sehr befriedigende Resultate erhalten. Will man aber die Neigung einer im Profil gesehenen sanften Böschung, oder der Gehänge eines vulcanischen Kegels messen, so hält man die untere Langseite des Kastens so, dass sie mit der Profillinie zusammenfällt, und wird, wenn man das Mittel aus zwei oder drei Ablesungen nimmt, das Resultat bis auf einen halben Grad genau bekommen können.

Das nächst wichtigste Instrument ist das Aneroid, um, ausser jenen Höhenbestimmungen, die für das Relief der Gegend wichtig sind, auch fortdauernd kleine Höhendifferenzen zu beobachten, und dadurch die Mächtigkeit von Schichtengruppen,

die Erhebung einer Schotterterrasse über die Thalsohle, oder alter Küstenränder über dem Meer, die Tiefe von Schluchten, die Höhe, bis zu welcher Gletscher oder Lavaströme herabreichen, das Gefälle von Gebirgsbächen, und vieles Andere, das sich der Beobachtung ohne Unterlass bietet, sogleich zu bestimmen. Den besten Dienst thut ein kleines Instrument in Gestalt einer Uhr, das man an einer um den Hals geschlungenen Schnur, in einer etwas höher als die Uhr angebrachten Westentasche trägt. Dort ist es Störungen am wenigsten ausgesetzt und bewahrt am gleichmässigsten die Temperatur; zugleich auch hat man es stets bequem zur Hand. Der Reisende sollte aber niemals ohne zwei andere controlirende Aneroide sein. Der Gang eines jeden muss auf das genaueste bekannt und in Tabellen niedergelegt sein. Erfährt ein Instrument einen Stoss, wie es bei längeren Reisen unvermeidlich vorkommt, so vergleicht man es sofort mit den anderen und notirt, falls es seinen Gang verändert hat, die von nun an bis auf weiteres constant bleibende Abweichung. Da man zuweilen bei zwei Aneroiden eine grössere Differenz im beiderseitigen Stand beobachtet als sie vorher hatten, ohne die Veranlassung zu kennen, und ohne daher zu wissen, welches von beiden seinen Gang geändert hat, so ist ein drittes Instrument erforderlich, dessen Vergleichung sofort zeigt, wo und wie gross der Fehler ist. Sind auch Unfälle dieser Art bei sorgfältiger Behandlung selten, so lassen sie sich doch nicht vermeiden (z. B. bei einem Fall, dem Umstürzen des Wagens, dem Abwerfen des Gepäcks durch Lastthiere u. s. w.). Ein einziges Aneroid ist desshalb von geringem Werth. Die Mitnahme eines zweiten bietet einige Garantie, aber nur wenn ihrer drei sind, kann man die Fehler ganz eliminiren. — Die Reserve-Aneroide packt man mitten in Wäsche hinein, wo sie recht gut geschützt sind. — Hinsichtlich des Gebrauches der Aneroide zu Höhenmessungen ist es sehr wichtig, das Trägheitsmoment der einzelnen Instrumente kennen zu lernen. Je rascher man sich von einer Höhenstufe in eine andere begiebt, desto mehr Zeit braucht die Nadel, um sich dieser entsprechend richtig einzustellen. Die sofortige Ablesung giebt daher sicher ein unrichtiges Resultat; bei manchen Instrumenten erfolgt die genaue Einstellung der Nadel erst nach 15 bis 30 Minuten. Für solche Fälle, wo es auf scharfe Messung sehr geringer Höhenunterschiede ankommt, sind die vorzüglichen, nach dem System Goldschmidt gearbeiteten Instrumente von Hottinger in Zürich angelegentlichst zu empfehlen.

Zur Controle der Aneroidablesungen leistet das Kochthermometer gute Dienste. So wichtig das Quecksilberbarometer ist, ist es doch bei langen geologischen Wanderungen schwierig zu transportiren; man muss stets auf seinen Verlust gefasst sein und daher auch neben demselben noch die Dreizahl der Aneroide beibehalten.

Die Stationsbarometer, welche jeder Reisende besitzt, aber entweder an Bord oder auf der Hauptstation zurücklässt,

um periodisch die andern Instrumente mit ihnen zu vergleichen, lasse ich hier ausser Acht, da sie nicht zur eigentlich geologischen Ausrüstung gehören.

Der Gebrauch des Aneroids wird wesentlich vervollständigt durch ein Horizontglas, eine ungefähr 20 cm lange Röhre, an deren einem Ende sich ein kleines rundes Visir befindet, während am andern in der Mitte der Oeffnung ein Faden gespannt ist. Durch eine prismatische Vorrichtung sieht man, wenn das Instrument genau horizontal steht, und der Faden ebenso gerichtet ist, eine in einer kleinen Libelle befindliche Luftblasse, sobald sie in der Mitte steht, von einem zweiten am Prisma angebrachten Faden durchschnitten. Der erste Faden bezeichnet alsdann den Horizont. Beobachtet man nun von einem Punkt, dessen Höhe das Aneroid anzeigt, den Horizont ringsum, so lassen sich manche geologisch interessante Niveauverhältnisse sofort erkennen. Bei einem mehrgipfeligen Gebirge z. B. kann man, wenn man einen Gipfel bestiegen hat, die Höhe der anderen annähernd durch Schätzung bestimmen, wenn man beobachtet, wo die Horizontlinie sie schneidet. Das sehr nützliche, in Deutschland noch wenig angewendete Instrument wird jetzt von der Firma A. Bonsack in Berlin angefertigt.

Thermometer führt selbstverständlich der Reisende in Mehrzahl mit sich. Ausser der Temperatur von Quellen, insbesondere Thermen, sollte man damit diejenige des Wassers in sehr tiefen Brunnen fleissig bestimmen, da sie sich der mittleren Temperatur des Ortes hinreichend nähert, um diese annähernd festzustellen.

Der Geolog braucht nothwendig eine aus starkem Leder fest genähte Tasche, die an einem über die Schulter geschlungenen Riemen an der Seite getragen und nicht, gleich anderen Sachen, den Trägern oder Führern übergeben wird. Er findet sich von diesen sehr häufig isolirt und muss Fundstücke von Gesteinen wenigstens streckenweise selbst zu transportiren bereit sein, ausserdem aber die Instrumente, ein Skizzenbuch und Notizbuch stets zur Hand haben. Auch darf es nie an einer Quantität weichen Packpieres fehlen, um vorkommenden Falls eine Menge von Steinen hineinzuwickeln. Hinsichtlich der Form der Notizbücher hat Jeder seine Liebhaberei; doch sollte der Geolog ein möglichst einfaches Buch stets in der Rocktasche bei sich tragen, um es jederzeit zu rohen Aufzeichnungen und flüchtigen Bemerkungen zur Hand zu haben. Ein Format von 18 × 11 cm ist für das Einzeichnen von Skizzen zweckdienlich.*)

*) Den kleinen, höchst unbedeutend erscheinenden, und doch sehr beherzigenswerthen Wink möchte ich hinzufügen, dass der Geologe stets einen guten langen Bleistift an einer Schnur befestigt um den Hals trage, weit genug herabhängend, um ihn mit Bequemlichkeit zu gebrauchen. Fortdauerndes Notiren ist das Wesen genauer geologischer Aufnahmen, und vielfache Erfahrung hat mir



Aus dem vermittelst der angegebenen einfachen Utensilien gesammelten Material von Gesteinsproben, sowie von vorläufig aufgezeichneten Beobachtungen, wird am Abend jeden Tages das Tagebuch mit Gewissenhaftigkeit und Ausführlichkeit mittelt Feder und Tinte geschrieben; zugleich werden die geologischen Skizzen mit mehr Sorgfalt ausgeführt. Das Tagebuch sollte in Gross-Octav- oder Quartformat sein. Bei Einzeichnungen wird es Jedem zu statten kommen, farbige Stifte mit sich zu führen, um sie für geologische Unterscheidungen sofort anzuwenden. Auch ein Farbenkasten ist erforderlich, um die Verbreitung einzelner Formationen gleich auf der Karte aufzutragen.

Dies ist Alles was der Geolog nothwendig braucht. Je nach Bedürfniss wird Mancher noch Mehr mit sich führen. Wer darauf ausgeht, an Orten, von denen das Vorkommen von Versteinerungen bekannt ist, grössere Sammlungen anzulegen, der wird eine Keilhaue, einen schweren Hammer, einige Meissel und andere Instrumente mitnehmen. Wer beabsichtigt, an Ort und Stelle Untersuchungen von Mineralien und Erzen auszuführen, der belastet sich vielleicht mit einem Löthrohrapparat, Mikroskop und Reagenzkasten, wird aber davon wenig Gebrauch machen können, wenn er nicht an einzelnen Orten längeren Aufenthalt nimmt. Will man geologische Karten anfertigen und muss man dazu auch die topographische Grundlage selbst construiren, so hat man Alles mitzunehmen, was dazu gehört. — Ausgezeichnete Dienste wird Demjenigen, welcher Gegenstände und Standpunkte mit gutem Urtheil auszuwählen versteht, ein für das Aufnehmen mit Trockenplatten eingerichteter photographischer Apparat gewähren. Aber man sollte nicht vergessen, dass guten, verständnissvoll angefertigten Zeichnungen der Vorzug vor der Photographie einzuräumen ist, da auf jenen das Nebensächliche, was diese ohne Auswahl wiedergiebt, weggelassen werden kann.

gezeigt, dass man mehr als doppelt soviel notirt, wenn man den Bleistift bei der Hand hat. Ist die Mühe, ihn anderswo hervorzuholen, noch so gering, so ist dies doch hinreichend, um oft einen Aufschub und dadurch eine Vernachlässigung der Notiz zu veranlassen. Ein einziges Wort, kaum leserlich in das Rohbuch geschrieben, ist häufig hinreichend, um am Abend im Tagebuch zu einer längern Beschreibung ausgesponnen zu werden, deren Abwesenheit man später sehr empfinden würde.



Ein nicht unwichtiger Theil der allgemeinen Ausrüstung, der aber je nach den Bedürfnissen sehr verschieden sein wird, betrifft Karten und Bücher. Von Karten sollte der Reisende, der nur einigermaassen geologisch zu beobachten gedenkt, das Beste mitnehmen, was von dem betreffenden Lande existirt, und fortwährend bei sich führen, um Einzeichnungen zu machen und sich über den weiteren Verlauf der Flüsse und Gebirge, welche er sieht, zu orientiren. Wo es keine giebt, vermisst sie der Geolog mehr als ein anderer Reisender, und wo sie existiren, da sind sie ihm vor Allen unentbehrlich. Die Bücher theilen sich in zwei Classen. Denn einerseits besitzt der Reisende eine Bibliothek, die er an Bord oder an Orten, wo er sich länger aufhält, mit Musse studirt. Hier wird der Laie seine geologischen Lehrbücher, der Geolog von Fach seine specielleren Nachschlagewerke haben. Auf Reisen im Innern eines Landes aber sollte man sich möglichst beschränken. Existiren bereits Abhandlungen über die Geologie desselben, so sollte man sie mit sich führen, denn sie regen ausserordentlich an. Ausserdem aber genügt ein kurzes Compendium, in dem man zeitweise sein Gedächtniss auffrischen kann. Zum Studium ist in der Regel keine Zeit; und der Laie mühe sich nicht damit ab, unterwegs nach Beschreibungen Gebirgsarten kennen lernen oder bestimmen zu wollen; er würde sicher auf Irrwege gerathen. Wer vorher die gewöhnlichen Gebirgsarten nicht zu unterscheiden weiss, der kann es unter solchen Verhältnissen aus dem besten Buch nicht lernen, und handelt weit richtiger, keine Namen anzuwenden.

Empfehlenswerthe Bücher:

1. M. Neumayr, Erdgeschichte; 2 Bände, Wien 1886. Der anregenden Schreibweise wegen zur Einführung in das Studium der „Geologie" im weitesten Sinne sehr geeignet.

2. Hann, Hochstetter und Pokorny, Allgemeine Erdkunde. 4. Auflage 1885. Die Abtheilung „Geologie" von Hochstetter giebt in gedrängter Kürze und leicht verständlicher Form einen besonders für die Zwecke des minder vorgebildeten Reisenden geeigneten Abriss dieser Wissenschaft.

3. H. Credner, Elemente der Geologie; 6. Aufl. Leipzig 1887. Als das vollständigste und beste Compendium dieser Wissenschaft in deutscher Sprache dem Reisenden unentbehrlich; zugleich durch klaren und knappen Ausdruck ausgezeichnet.

4. Al. Supan, Physische Geographie, Leipzig 1884. Dieses Buch kann als Ergänzung der vorhergehenden dienen, insofern es die Probleme der physischen Geographie mit grösserer Ausführlichkeit in kundigster Weise behandelt.

Methode geologischer Reisen. Der Geolog reist unter allen Umständen am besten allein, oder höchstens (natürlich abgesehen von der einheimischen Dienerschaft) mit einem Begleiter, welcher nicht einem bestimmten Zweig der Wissenschaft nachgeht, sondern vielmehr dazu da ist, specielle Aufsicht über Leute und Gepäck auszuüben, gelegentlich den Packzug auf einem von dem des Reisenden abweichenden Weg zu führen, die Küche mit Wildpret versorgt zu halten, die Neugier der Eingebornen zu befriedigen, während der Reisende seine Arbeiten ausführt, u. s. w. und sich für geologische Hilfsarbeiten, wie das Sammeln von Versteinerungen, das Schlagen von Formatstücken u. s. w., anleiten lässt. Jeder Reisende, welcher selbstständigen Zielen nachgeht, sei er Botaniker, oder Entomolog, oder Ethnograph, oder Kaufmann, hindert den Geologen und wird von ihm gehindert, da Jeder anderer Bedingungen für die Orte, an denen ihm ein Aufenthalt wünschenswerth erscheint, bedarf. Selbst ein geistig ebenbürtiger, dem Willen des Reisenden sich unterordnender Gesellschafter ist kaum anzurathen, da man dann nicht die nöthige Zeit auf Ausarbeitungen zu verwenden im Stande ist. Der Geolog aber hat beim Reisen nicht einen Augenblick Zeit, müssig zu sein. — Diese Vorschriften gelten für den Fachmann in strengster Weise und haben allerdings weit weniger Anwendung für Denjenigen, welcher Geologie als Nebenbeschäftigung treibt. Doch

---

5. A. de Lapparent, *Traité de géologie*, 2. Auflage. Paris 1886. Ein hervorragendes grosses Werk, in welchem alle Theile der Geologie selbstständig durchgearbeitet und in klarer Schreibweise dargestellt sind.

6. Archibald Geikie, *Outlines of Field-geology*, London 1879; eine elementare Anleitung zur Aufnahme geologischer Karten und zur Anstellung von Beobachtungen; besonders für Anfänger empfehlenswerth. Für tiefere Studien ist desselben Verfassers treffliches *Manual of geology* zu nennen.

Der vom Verfasser herausgegebene „Führer für Forschungsreisende“ wurde bereits oben (S. 115) erwähnt. Die Werke: „Katechismus der Geologie“ von H. Haas (Leipzig 4. Auflage 1885) und „Katechismus der Petrographie von G. Blaas (Leipzig 1882) sind als gute Taschenbücher zu nennen, die der Reisende bequem mit sich führen kann. Wer in der Paläontologie hinreichende Vorstudien gemacht hat, findet ein zweckmässiges Hülfsmittel zur Bestimmung wichtigerer Formen in dem Werk: „Die Leitfossilien“ von H. Haas (Leipzig 1887).

gilt für alle reisenden Naturforscher die Empfehlung, allein oder in sehr kleinen Gesellschaften zu reisen. Botaniker und Zoolog kommen gut zusammen aus, da das Verbleiben an Standquartieren in der freien Natur für sie wichtiger ist als das stete Vorwärtsbewegen. Auch der Ethnograph und der Statistiker mögen zusammengehen, da Beide ihr Material an bevölkerten Ortschaften finden. Mit dem Geologen kann Derjenige am besten reisen, welcher topographische Karten anfertigt, und gelegentlich geographische Ortsbestimmungen ausführt. Daher auch kann Dieser am besten geologische Studien mit den seinigen vereinigen. Je vielseitiger grosse Expeditionen mit zahlreichem Personal sind, desto ungünstiger gestaltet sich in der Regel das Verhältniss der aufgewendeten Mittel zu dem zu erwartenden Erfolg. Man hindert sich gegenseitig, man hält einander auf und reisst einander fort. Viel Zeit wird vergeudet, und sehr selten hat ein Mitglied Gelegenheit, seine Kräfte zur vollen Geltung zu bringen. Solche Expeditionen werden in Hindernissen geboren und wachsen in ihnen fort; nur wenige sind mit grossem Erfolg gekrönt gewesen.

Der Geolog muss, wo immer er mitten in einem Beobachtungsgebiet ist, möglichst viel zu Fuss gehen. Unter den Beförderungsmitteln ist der Gebrauch des Wagens wenig zu empfehlen, da man dadurch an die Fahrstrassen gebunden ist, welche das geologisch interessante Bergland gewöhnlich vermeiden. Tragstühle sind nur dann anzurathen, wenn man ihrer als eines Standeskennzeichens bedarf, sie aber möglichst wenig benützt. Am zweckmässigsten ist das Reisen zu Pferde oder Maulthier, da man damit am wenigsten an bequeme Wege gebunden ist und ein Mittel zu Seitenausflügen stets zur Hand hat. Stromfahrten sind unbefriedigend, da man vom Boot zu wenig Aussicht hat und im besten Fall den Gebirgsbau nur entlang einer Linie kennen lernt. Bei der Fahrt stromaufwärts kann man viel zu Fuss gehen, aber stromabwärts eilt man im Flug an den interessantesten Stellen vorbei, und gerade in Felsengen, wo die Aufschlüsse am reichsten sind, hat man selten Gelegenheit, an den für die Beobachtung zweckmässigsten Orten anzulegen. Ist man an ihnen vorbei, so ist die Gelegenheit sie zu sehen unwiederbringlich verloren.

Das Reiten auf Kameelen ist in einigen Gegenden, die Beförderung auf Elephanten in anderen Ländern nicht zu ver-

meiden. Wo auf weite Strecken ein Wechsel nicht eintritt wie in Steppen und Wüsten, oder wo endlose Vegetation jede Möglichkeit eines Aufschlusses verschliesst, sind beide Methoden als Transportmittel zweckdienlich. Wenn aber das Auge einen der Beobachtung werthen Gegenstand erspäht, verlässt man den hohen Sitz auf dem Thier mit ungleich grösserem Widerstreben und längerem Aufenthalt, als wenn man sich des Pferdes oder Maulthieres bedient. Man sollte, wo immer sich Aufschlüsse darzubieten scheinen, selbst in den Ländern des Kameels und des Elephanten, so viel als möglich wandern.

Sammeln geologischer Gegenstände. Die Gegenstände, welche gesammelt werden sollten, lassen sich von praktischem Gesichtspunkt eintheilen in: Gesteine, Erden, Versteinerungen und Mineralien.

Die Sammlung von Gesteinen oder Gebirgsarten ist die wichtigste, um einen allgemeinen Ueberblick des Baues der betreffenden Gegend möglich zu machen. Die Art ihrer Anlegung richtet sich ganz nach dem Grad der geologischen Ausbildung, welche der Reisende besitzt. Als das Vollkommenste kann man eine Reihenfolge guter Handstücke von regelrechtem Format betrachten, die ein namhafter Geolog nach eigener Auswahl selbst geschlagen hat, und die ihm dann als Grundlage einer Ausarbeitung dienen, in welcher er das, was in der Sammlung fehlt, durch deutliche Beschreibungen ergänzt. Unter regelrechtem Format versteht man Stücke von ungefähr 10 bis 12 cm Länge, 7 bis 9 cm Breite und 1 bis 2 cm Dicke; gute Handstücke müssen allseitig einen frisch geschlagenen Bruch haben. Wer Specialuntersuchungen eines kleinen Gebietes ausführt, bemühe sich, auch in Bezug auf äussere Ausstattung das Vollendetste zu leisten und jede Beobachtung durch Musterstücke zu belegen. Von Demjenigen jedoch, welcher weite Erdräume durchstreift, ist nicht zu verlangen, dass er dieses Ziel in einer auch nur annähernd vollkommenen Weise erreiche; und so sehr es anzuerkennen ist, wenn er dort, wo er Zeit dazu hat, auch einige Mühe auf äusseres Ansehen verwendet, so würde es doch ganz fehlerhaft sein, zu sehr darauf zu achten und manche Stücke desshalb nicht mitzunehmen, weil sie den genannten Anforderungen nicht entsprechen. Eine kleine vorspringende Ecke, die man gelegentlich von einem Fels abgeschlagen und mitgenommen hat, ist nachher oft mehr werth als ein Dutzend mühsam in die regelrechte Form gebrachter Stücke. Der Dilettant, vorausgesetzt dass er geologische Untersuchungen zu einer Hauptbeschäftigung auf seiner Reise wählt, ist in der eigenthümlichen Lage, dass er Mehr sammeln muss als der Geologe von Fach, desshalb, weil er die Nomenclatur und Beschreibung nicht so beherrscht wie Dieser, und seine Angaben

erst durch Belegstücke Zuverlässigkeit erlangen. Um sich nicht zu sehr zu belasten, sollte er, beispielsweise bei dem Uebergang über ein Gebirge, mit Sorgfalt kleine, frisch gebrochene Scheiben oder Würfel der einzelnen Gesteine sammeln, denen er begegnet, sie sofort numeriren und in Papier wickeln, und entsprechende Nummern mit Bemerkungen über die Art des Auftretens an Ort und Stelle in das Rohbuch eintragen. Damit ist aber nicht gesagt, dass er, wie es Viele thun, hin und wieder ein beliebiges Stück Stein von der Strasse aufheben und nach Hause bringen solle, das würde nur nutzlosen Ballast ergeben. Sondern jedes Bruchstück muss von anstehendem Gestein entnommen, vom Fels selbst losgeschlagen sein; der Reisende muss wissen, wesshalb er es mitgenommen hat, und es muss durchaus wenigstens Eine frische Bruchfläche haben. Neben dieser kleinen, unter allen Umständen leicht zu transportirenden Sammlung, welche den Weg des Reisenden illustrirt, sollte er dann eine zweite von guten Handstücken anlegen, zu der er den längeren Aufenthalt an interessanten und geographisch gut bestimmten Localitäten, ebenso wie eine kurze gelegentliche Rast am Wege, benutzt.*)

Was die Erden betrifft, so empfiehlt es sich zunächst, die Anschwemmungen von Flüssen zu sammeln. Die Dammerde ist durch Cultur verändert; man thut daher besser, die Proben von Steilabbrüchen an Flussufern wenigstens 2 Fuss unter der Oberfläche zu entnehmen. Dasselbe sollte man dort thun, wo der Boden von tiefen Schluchten durchfurcht ist. Ausserdem sollte man alle technisch verwendeten Erden, Töpferthone, Porzellanthone, Pfeifenthone und die aus ihnen gewonnenen Producte sammeln. Ferner die Polirschiefer, überhaupt kieselige Erden, und die Absätze aus heissen Quellen, die dann zum Theil auf Infusorien zu untersuchen sind. Bei Porzellanthonen kommt es darauf an, die verschiedenen angewendeten Arten von Material vollständig zu haben. In vulcanischen Gegenden ist Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Tuffe und die Schlammabsätze zu verwenden. Wer in den Tropen reist, der sollte nicht versäumen, den Laterit**) in seinem Vorkommen zu untersuchen und Proben desselben von verschiedenen Orten mitzunehmen. — Zur Aufbewahrung von Erden empfehlen sich die Büchsen von verzinntem Eisenblech, in welchen man stets einen Theil des Proviantes mit sich führt. Bei solchen Erden, die eine Structur haben, wie

*) Ich habe mich selbst, bei meinen Reisen in China, fortdauernd dieser zwei neben einander hergehenden Methoden bedient. Denn wenn man zum Beispiel mit Maulthieren über ein Gebirge reist, so hat man keine Zeit zum Stehenbleiben, sondern muss rastlos vorwärts gehen. Das Mitnehmen eines kleinen Belegstückes erscheint oft im Augenblick selbst als überflüssig. Hat man es jedoch gesichert, so bewahrt man es wie Gold, und manches unscheinbare Fragment bewährt sich später als das wichtigste Material zur Vergleichung. Keines aber ist nutzlos, wenn es richtig gesammelt ist.

**) S. in einem späteren Abschnitt.

der Löss, sollte man solide Stücke von der Gestalt der Büchse schneiden und sie, in ihrer natürlichen Lage, hineinthun.

Wenn die Gesteinssammlung für den allgemeinen Ueberblick besonders wichtig ist, so ist es diejenige von Versteinerungen zur genauen Bestimmung der Formationen. Kein Reisender sollte unterlassen, auf sie ein ganz besonderes Augenmerk zu richten. Selbst wenn er gar keine Gesteine sammelt, darf er keine Gelegenheit vorübergehen lassen, um Fossilien in möglichster Reichhaltigkeit mitzubringen. Denn wenn man das Glück hat, eine noch unerforschte Gegend zu betreten, so bleibt sie, wenn sie nicht vielleicht aus vulcanischen Gesteinen oder Schwemmland besteht, unverständlich, so lange man nicht im Stande ist, durch die Bestimmung des geologischen Alters einzelner Formationen Licht über das Ganze zu verbreiten. Wer diese erste Aufgabe löst, dem wird der Dank des Fachmannes die darauf gewendete Mühe reichlich lohnen. Das Auffinden von Versteinerungen erfordert allerdings Uebung, und es lassen sich nicht leicht bestimmte Regeln angeben. Nur einige wenige Fälle mögen hier erwähnt werden.

Alle mit krystallinischen Schiefern wechsellagernden Gesteine sind im Allgemeinen als versteinerungslos zu betrachten. Gelingt es, darin etwas zu finden, so wird der Werth um so grösser sein. — Reiner Kalkstein ist gewöhnlich arm an deutlichen Versteinerungen, und sind sie vorhanden, so ist es schwer sie zu sammeln. Sie sind aber stets wichtig und in hervorragendem Grade zu beachten. Insbesondere kommen in reinen Kalksteinen Brachiopoden, Cephalopoden, Crinoideen, Korallen und Foraminiferen vor. Vor Allem sind solche Steinbrüche zu berücksichtigen, in denen Kalkstein zum Brennen gewonnen wird. Die Abänderungen, welche man dazu verwendet, sind häufig voll Versteinerungen, welche, sonst schwer zu erhalten, durch die Steinbruchsarbeit blossgelegt werden. Wird der Kalkstein bituminös oder mergelig, oder geht er in Mergelschiefer oder in thonige Schiefer mit Kalkknauern über, so wird man in der Regel einige, und zuweilen eine reiche Ausbeute haben. Dies gilt auch für den Fall, dass Kalkstein und Schiefer wechsellagern. — In reinen Quarzsandsteinen oder dickbankigen rothen thonigen Sandsteinen wird man meist vergebens nach Versteinerungen suchen. Werden sie aber mit dem Thongehalt dünnschichtig, mit glimmerigen Absonderungsflächen, so stellen sich häufig Reste von Zweischalern und Pflanzen ein. Weit günstiger ist der Uebergang in thonigsandige Schiefer und reine Schieferthone einerseits, und Kalksandsteine andrerseits. — Wo Steinkohlenflöze vorkommen, da giebt es fast immer etwas zu sammeln; gewöhnlich sind es Abdrücke von Pflanzen in den begleitenden Kohlenschiefern, bei deren Sammlung besondere Vorsicht in der Conservirung nothwendig ist. Oft auch kommen thierische Versteinerungen in den Schichten über oder unter der Kohle vor. Hier ist das Sammeln besonders wichtig, um festzustellen, welchem Alter die Kohle angehört. — Tuffschichten, seien sie untermeerisch oder

in Süsswasser abgelagert, der Tertiärperiode angehörig oder von höherem Alter, enthalten fast stets stellenweise grössere Anhäufungen von Versteinerungen.

Man kann von Versteinerungen niemals zu viel sammeln. Wo sie in Masse vorkommen, sollte man die am besten erhaltenen Stücke aussuchen, wo es nur wenige giebt, die unvollkommenen Exemplare nicht verachten; denn ein kleines Bruchstück kann oft einen Anhalt von grösserem Werth geben, als von einem anderen Ort eine Sammlung der besten Exemplare.

Mineralien hat der Reisende, welcher nicht Fachmann ist, selten Gelegenheit zu sammeln. Die unscheinbaren, welche zuweilen grossen Werth haben würden, fallen ihm nicht auf, und berücksichtigt er die schön krystallisirten, so kann es ihm leicht geschehen, dass er sich aus Unkenntniss mit Sachen von geringem Werth beschwert. Allerdings giebt es Ausnahmen. Besonders werden schön krystallisirte Erze, die man in Bergwerksgegenden zuweilen bekommt, in der Regel geschätzt werden. Nutzbare Mineralien. als Kohle, Eisenerze, Graphit u. s. w. sind natürlich stets mit Aufmerksamkeit zu sammeln.

Einzelne speciellere Winke zum Sammeln werden sich im Weiteren ergeben. Es erübrigt an dieser Stelle noch auf die fernere Behandlung hinzuweisen. Vor Allem ist zu bemerken, dass ein Gesteinsstück vollkommen werthlos ist, wenn man den Ort, von dem es stammt, nicht ganz genau kennt, bei Versteinerungen aber mindestens die Gegend ihres Ursprungs angegeben sein muss, und jedes genauere Detail erwünscht ist. Die Versteinerungen verschiedener Schichtencomplexe oder verschiedener Theile desselben Complexes müssen sorgfältig auseinander gehalten werden. Zu jedem Stück, sowie man es in Papier wickelt, sollte sofort, wenn es möglich ist, die Localität, oder, wenn diese schwer definirbar ist, Stunde und Tag des Sammelns, oder wenigstens eine die Reihenfolge an dem betreffenden Tage bezeichnende Nummer geschrieben werden. Kommt man Abends in das Quartier oder Lager, so wird zu jedem Gesteinstück ein Zettel geschrieben, auf dem man oben das Land oder die Provinz, darunter die Richtung und Entfernung des Fundortes von einem auf der Karte verzeichneten Ort, und dann Bemerkungen über die Localität selbst angiebt. Jede weitere Notiz ist später von Nutzen. Unten wird das Datum vermerkt, an dem das Stück gesammelt wurde, damit man sofort das Tagebuch um Information nachschlagen kann, und endlich der Namenszug des Sammlers; also z. B.:

> **Java.**
> **Residentie: Preanger Regentschaften.**
> **Bandong 22 km NNW.**
> **Südabhang des Vulcans Tankuban Prahu. — 1 Stunde von Lembang, am Weg nach dem Gipfel. Bildet das untere Ende eines Lavastromes**
> **1. 6. 1887. M. N.**

Da sich der Zettel zerreibt, wenn er auf den Stein zu liegen kommt, so wird er in das erste zum Einwickeln des Gesteins verwendete Blatt Papier eingeschlagen. Drei halbe Bogen weichen Papiers sind bei einem gewöhnlichen Handstück

zum Verpacken hinreichend. Die so eingewickelten Gesteinsstücke müssen nun so untergebracht werden, dass sie fest liegen.*) Bei Expeditionen, bei welchen Mehrere betheiligt sind, ist es wünschenswerth, die Proben zu numeriren und in Registern fortlaufend einzutragen. Der Einzelne braucht sich dieser Mühe nicht zu unterziehen.

Sollte es dem Reisenden einmal geschehen, dass er die hier angegebenen Regeln vernachlässigt und bei einigen Stücken nicht mehr genau den Fundort weiss, so sollte er sie, mit Ausnahme der Versteinerungen, ohne Weiteres wegwerfen, da sie nutzlos sind.

Geologische Aufschlüsse. — Die für die geologische Beobachtung maassgebenden, oben (S. 120) angeführten Gesichtspunkte lassen sich, nach Ausschluss der Oberflächenformen, in den zwei grossen Abschnitten: Gebirgsbau und Geologische Vorgänge zusammenfassen. Der Gebirgsbau ergiebt sich aus der sorgfältigen Beobachtung der geologischen Aufschlüsse. Einen geologischen Aufschluss gewährt jede Stelle, an der man das an der Zusammensetzung einer Gegend theilnehmende Gestein beobachten kann, und er ist um so vollständiger, in je grösserer Entwickelung in horizontalem oder verticalem Sinn das Gestein blossgelegt ist oder sich durch Schlussfolgerungen feststellen lässt. Die Oberfläche des Bodens, wo sie nicht aus dicker Ackerkrume besteht, ein Graben, ein Steinbruch, die Seiten eines Flussbettes, die Runsen und Tobel in Gebirgen, jeder anstehende Fels, und jedes an die Oberfläche kommende weichere Schichtgestein, geben mehr oder weniger vollkommene Aufschlüsse. Der Reisende, welcher sie bei dem Betreten einer fernen Gegend verfolgt, findet dort Sandsteine, Kalksteine, verschiedene Arten von Schiefern, Granit, Sand, Alluvialabsätze u. s. w. in ähnlicher Ausbildung, wie er sie in anderen Ländern gesehen hat. Aber ihre Anordnung ist überall verschieden, und erst wenn man diese mit Klarheit erkannt hat, kann man daran gehen, Vergleichungen mit anderen Gegenden auszuführen.

*) Die Gesteine sind nun zum Versenden bereit: Sind deren genug vorhanden, so werden sie in eine Kiste gepackt, in welcher sich unten eine dünne Lage Heu befindet. Die einzelnen Päckchen werden dann, wie beim Packen von Büchern, in Reihen aufrecht nebeneinander gestellt und fest eingezwängt. Je fester sie liegen, desto besser werden sie die Erschütterungen überstehen, denen sie weiterhin unterworfen sind. Zartere Gegenstände werden mit Baumwolle belegt. ehe sie in Papier gewickelt werden, und gesondert in Schachteln, verzinnte Blechbüchsen und Kistchen gepackt.



Das erste Ziel der Untersuchung ist die Erkenntniss der Art und Weise, wie die einzelnen Gesteine im Alter auf einander folgen. Die darauf bezüglichen Schlussfolgerungen bauen sich nach und nach aus Einzelbeobachtungen auf, deren jede Licht in das Chaos bringt, in welchem uns anfangs die vielen verschiedenen Gesteine und Erden entgegentreten. Das zweite Ziel, dessen Erreichung gleichzeitig angestrebt und herbeigeführt wird, ist die Erkenntniss der Art, in welcher die Gesteine zu Gebirgen zusammengefügt sind, oder Einsenkungen ausfüllen. Es giebt Gegenden, wo eine grosse Gleichförmigkeit über weite Strecken herrscht. Aber keine ist von so geringem Interesse, um nicht Stoff zu Beobachtungen zu bieten. Sehr häufig hängt die Erlangung von Aufschlüssen von dem Willen des Reisenden und der Geschicklichkeit in der Wahl seiner Wege ab; denn anstatt das zufällige Begegnen solcher Stellen, welche zur Beobachtung geeignet sind, abzuwarten, muss er dieselben aufsuchen und seine Pläne demgemäss einrichten. Dazu gehört vor Allem, dass er sich nicht an die Thäler halte, noch auch, mehr als nothwendig ist, der Richtung der Gebirge parallel reise, sondern möglichst oft quer über dieselben hinweggehe, oder vom Thal aus Ausflüge nach den Kämmen unternehme. Bekommt man mehrere Querschnitte desselben Gebirges, so ergänzt einer den anderen, und man wird sich bald ein annähernd richtiges Bild von dem Gesammtbau desselben machen, während die innere Structur ganz verborgen bleibt, wenn man die Gesteine von seinem Fuss noch so genau kennt, der Rest aber unbekannt ist. Die Mühe und Kosten der angegebenen Art der Bereisung sind viel bedeutender, als wenn man auf bequemen Strassen in den Thälern herumfährt; aber man wird reichlich belohnt, nicht nur durch die geologischen Aufschlüsse, sondern auch durch den Genuss, welcher in Gebirgswanderungen liegt, durch den Ueberblick des Landes, den man von den Höhen erhält, und der zur Kartenzeichnung wichtiges Material giebt, durch die Bereicherung der Kenntniss der hypsometrischen Verhältnisse der Gegend, und durch die Gelegenheit zum botanischen und zoologischen Sammeln. Ein Reisender, der die Gebirge nicht besucht, mag wohl die Leute kennen lernen, aber die Natur des Landes bleibt ihm verborgen. Je mehr dies beherzigt worden ist, desto mehr haben berühmt gewordene Landreisen zur Bereicherung der natur-

wissenschaftlichen Kenntnisse beigetragen. Aber auch wo die Gelegenheit dazu nicht vorhanden und man auf grosse Ebenen angewiesen ist, fehlt es nicht an Beobachtungsmaterial. Die Resultate häufen sich langsamer; aber um so weiter sind die Gesichtspunkte, von denen aus man dieselben nach Beendigung einer Reise überblickt. So geringen Werth man oft im Augenblick auf Beobachtungen in solchen Gegenden zu legen geneigt ist, sollte man doch auch in ihnen niemals ermüdet stille stehen. Jede Lücke macht sich bei der Rückkehr in empfindlicher Weise bemerkbar.

Ein sehr brauchbares Feld für geologische Beobachtung bieten alle Werke von Menschenhand, in denen Steine angewandt werden. In einer Gebirgsgegend könnte man aus dem Material, womit die Mauern und Häuser in Dörfern und Städten gebaut sind, eine fragmentarische geologische Karte construiren; denn wo die Verkehrsmittel unvollkommen sind, verwendet man zu diesen einfachen Bauwerken meist nur die Gesteine aus der unmittelbaren Nachbarschaft. Oft führt ihre Beobachtung zur unerwarteten Entdeckung einer Formation, die man vorher nicht anstehend sah, z. B. von Basalt; oder man findet an ihnen das Wiederauftreten eines längst bekannten Gebildes, z. B. eines oolithischen Kalksteins, dessen genaue Einreihung als Formationsglied man genau kennen gelernt hat. Zu monumentalen Bauten wird das Gestein oft weiter herbeigeführt, und indem man die Lage des Steinbruches, welcher es liefert, erforscht, erweitert sich die Kenntniss von der Verbreitung der betreffenden Formation. Auch die Gerölle in Bächen müssen untersucht werden, da sie manchen Fingerzeig für den Bau des Gebirges geben, aus dem sie stammen. Grosse Vorsicht ist an solchen Orten nothwendig, wo Seeschiffe anlegen. Begierig, einen Wink über das, was er zu erwarten hat, zu erhalten, untersucht der Geolog beim ersten Landen sofort die zu Uferbauten verwendeten oder lose umherliegenden Gesteine. Sie zeigen oft eine auffallende Musterkarte, und bei näherer Untersuchung ergiebt es sich, dass sie Schiffsballast sind, welcher aus verschiedenen Gegenden hergebracht wurde. Selbst der Schluss, dass Ballast, der eben ausgeladen wird, eine Andeutung über die an dem Ausgangspunkt des Schiffes auftretenden Formationen geben könnte, ist falsch; denn dort nahm man vielleicht solchen ein, welcher schon mehrere Male seinen Ablagerungsort wechselte.

Anfertigung geologischer Karten und Profile. — Die geologischen Verhältnisse lassen sich ebensowenig wie die Topographie einer Gegend durch Beschreibung klar und übersichtlich darstellen. Erst die Einzeichnung auf eine Karte ergiebt ein deutliches Bild. Der Reisende sollte daher bestrebt sein, seine Beobachtungen so vollständig als möglich zu einem für Andere verständlichen Kartenbild zusammenzustellen. Einige Winke werden genügen, um zu dem Beginn der Arbeit anzuleiten; Fortschritte werden durch Uebung schnell erreicht. Es möge zunächst vorausgesetzt werden, dass hinreichend genaue topographische Karten des betreffenden Gebietes als Grundlage für die Einzeichnung vorhanden seien.

1) Das erste Ziel ist die Eintragung der an dem Bau der Oberfläche theilnehmenden verschiedenen Gesteine in genauem Abbild ihrer wirklichen räumlichen Verbreitung. Zur Bezeichnung der einzelnen Gesteine benutzt man in der Regel Farben; doch kann man sich auch verschiedener Signaturen in Bleistift oder Tusche bedienen. Die Eintragung ist ohne Mühe auszuführen, wo leicht unterscheidbare Gesteine an die Oberfläche unmittelbar und deutlich erkennbar herantreten, wo sie einzelne grössere Räume einnehmen und in einfachen Linien aneinander grenzen, und wo die topographische Karte eine grosse Menge von Anhaltspunkten zur sicheren Einzeichnung giebt. Die Grenzlinien der Gesteine lassen sich dann so einfach und bestimmt eintragen, wie die Grenzmarken eines Feldes oder Waldes. Doch stellen sich in der Praxis bald eine Anzahl von Schwierigkeiten ein. (a.) Die Gesteine sind manchmal durch ähnliche Charaktere verbunden und daher schwer von einander zu unterscheiden; in anderen Fällen zeigen sie auf kleinem Raum eine entweder wirkliche oder auch nur scheinbare grosse Mannigfaltigkeit. Es treten dann bei dem Beobachter Bedenken darüber ein, was zusammenzufassen und was durch Farben zu trennen sei. Nur Uebung vermag zu der Unterscheidung der wesentlichen von den unwesentlichen Trennungsmerkmalen zu führen. Die Grenze zwischen beiden verschiebt sich je nach dem Maassstab der Karte; denn bei kleinem Maassstab verlangt es die Uebersichtlichkeit, dass grössere Gruppen zusammengefasst werden, als bei grossem. Soweit Sedimentgesteine in Frage kommen, wird von deren Vereinigung in Gruppen unten die Rede sein.

Doch möge hier betont werden, dass, wo innerhalb einförmiger mächtiger Schichtenreihen eine, wenn auch geringe, so doch stetige, fremdartige, den Charakter unterbrechende Einlagerung auftritt, man sie sorgfältig angeben sollte, da sie als Horizont von Bedeutung sein kann; z. B. eine als fortlaufende Mauer auftretende quarzige oder kieselige Einlagerung in weicheren Gesteinen, oder eine weiche mergelige Einschaltung zwischen sehr mächtigen harten Kalksteinen. Eine einzige solche Schicht kann die Existenz und Lage einer grossen Anzahl von Passübergängen in den Querjöchern eines Gebirgszuges bestimmen. — (b.) Eine andere Schwierigkeit entsteht dadurch, dass in seltenen Fällen die äusserste Oberfläche der Erde aus deutlich erkennbarem anstehendem Gestein besteht. Dasselbe kann durch Verwitterung und Lockerung in einen Boden umgewandelt sein, welcher scheinbar keine Aehnlichkeit mehr mit dem Gestein, aus welchem er entstand, darbietet; es kann auch der Felsbau durch eine darüber gelagerte Decke eines fremdartigen Bodens verhüllt werden. Für den ersteren Fall gilt es (mit Ausnahme exacter Aufnahmen in sehr grossem Maassstab) als Princip, dem Verwitterungsboden die Signatur des unverwitterten Gesteins zu geben. Man kann durch Uebung dahin gelangen, innerhalb solcher Gebiete, welche nur von jenem Boden eingenommen werden, ziemlich scharfe geologische Grenzen aufzufinden, indem man an einzelnen Aufschlussstellen die äusserlichen Veränderungen beobachtet, welche die in Betracht kommenden Gesteine durch Verwitterung erfahren haben, und dann die geographische Verbreitung dieser Merkmale aufsucht. Rothe, weissliche, ockergelbe, graue oder schwärzliche Farben des Bodens, sandige oder thonige Beschaffenheit, ausschliessliches Vorkommen kleinerer Bruchstücke von Kalkstein oder von Porphyr oder anderen Gesteinen, Durchsetzung des Bodens mit feinen Fragmenten glimmeriger Schiefergesteine — dies sind Merkmale, welche zur Erkennung der Verbreitung des dem Verwitterungsboden zu Grunde liegenden Gesteins, und somit zur Bestimmung der auf der Karte anzuwendenden Farbe, führen können. Selbstverständlich müssen wenigstens an vereinzelten Stellen sichere Beweise des Zusammenhanges von Gestein und Boden gewonnen worden sein. Grössere Vollkommenheit und praktische Anwendbarkeit kann man der Darstellung geben, wenn man das Vorhandensein des Verwitterungsbodens, seine

besondere Beschaffenheit und seine Mächtigkeit durch Signaturen und Zahlen auf der Karte angiebt, sofern dies ohne Beeinträchtigung der Deutlichkeit geschehen kann. — Anders ist die Behandlung solcher Bodenbedeckungen, welche von anderswo herzugeführt wurden und das Gestein verhüllen. Lagern sie in grösserer Mächtigkeit, wie z. B. trocken gelegtes marines Schwemmland, oder Massenanhäufungen von Gletscherschutt, oder Alluvialland von Flüssen und Seen, oder gewaltige Decken von Tuff oder Löss, so werden sie als besondere geologische Formationen behandelt und mit besonderen Farben angegeben. Ist die Decke gering, so dass Gräben und flache Runsen vielfach das Gestein entblössen, so pflegt man sie auf geologischen Karten unberücksichtigt zu lassen und das unterlagernde Gestein so mit Farben darzustellen, als ob jene Decken nicht vorhanden wären. Der Maassstab der Karte ist auch hier von nicht geringem Einfluss; je kleiner er ist, desto mehr sucht man den felsigen, seiner lockeren Hülle entblössten Grundbau darzustellen; aber einerseits kann dies über eine gewisse Grenze hinaus nicht mit Sicherheit geschehen; andererseits fordern mächtige Deckgebilde das Recht der Angabe auf der Karte. Es erwachsen hieraus Schwierigkeiten für den Geübtesten. Der Reisende wird sie häufig in beirrender Weise empfinden. Doch darf er vor ihnen nicht erschrecken. Das Ziel, die Darstellung bis zu dem Grad, dass die Klarheit nicht beeinträchtigt wird, vollständig zu machen, sollte leitend bleiben. — (c.) Eine dritte Schwierigkeit beruht auf der Unvollkommenheit der Aufschlüsse und der Lückenhaftigkeit der Beobachtung. Die Karte verlangt feste ausgezogene Grenzlinien zwischen den einzelnen Gesteinen. In Wirklichkeit kann man dieselben nicht abschreiten; die Beobachtung beschränkt sich in der Regel auf einzelne Punkte, wo zwei Gesteine an einander stossen; das Ausziehen der Linien gründet sich daher grossentheils auf Interpolation, kann aber, wenn scharfsinnige Beobachtung sich auf die Aufgabe concentrirt, oft mit hohem Grad der Richtigkeit geschehen. Es ist dringend vor der von Manchen angewandten Methode zu warnen, nach welcher während der Reise nur die entlang dem Reiseweg beobachteten Formationen eingezeichnet werden, in der Absicht, die Grenzen zwischen ihnen später auszuziehen. Letzteres muss vielmehr an Ort und Stelle geschehen; der Verlauf der Linien muss eingetragen werden, soweit als die Aussicht ge-

stattet es mit annähernder Richtigkeit zu thun, und man lasse sich durch die Unmöglichkeit, die letztere absolut zu erreichen, nicht abhalten. Denn an Ort und Stelle hat man die grössten Chancen, die Linien mit möglichst wenigen Irrungen anzugeben; je länger man wartet, desto mehr schwindet die Klarheit der Erinnerung; und wer die Grenzen erst nach der Rückkehr von einer Reise auszieht, der wird theoretisch verfahren und sich von der Wirklichkeit entfernen. In einem Thal giebt man zunächst, soweit der Blick reicht, die Grenzen der Ebene an, welche das Alluvium umfasst, dann sondert man die höher ansteigenden Stufen aus, welche vielleicht aus Schotterterrassen bestehen. Am Weg nach den Höhen erkennt man, ob sie bis an den Steilabhang des Gebirges reichen oder noch von ihm durch andere Gebilde getrennt werden. Besteht der Steilabhang aus Quarzporphyr oder Kalkstein, so verfolgt man seine untere Grenze genau und trägt sie auf der Karte ein. Dann folgen auf den Porphyr beispielsweise Schichten von rothem Sandstein, oder auf den Kalkstein solche von Schiefer. Der gute Beobachter erkennt sofort den Unterschied im Oberflächencharakter, den sie veranlassen, und zeichnet die Grenze soweit sein Auge das Verhältniss übersehen kann. So wird man bald eine leicht zu verfolgende, bald eine ungemein schwierige Grenzlinie erreichen; aber jede muss angegeben werden. Zugleich werden mit eingezeichneten Abkürzungen die Formationen angegeben, welche man ausscheidet. Nach wenigen Tagen wird die bereiste Strecke gemalt. Geht man über ein Gebirge, so werden die Farbenstreifen häufig einen unvollkommenen Parallelismus zeigen. Kehrt man später auf einem anderen Weg über dasselbe Gebirge zurück, so wird man wahrscheinlich einer annähernd gleichen Reihe derselben Formationen in umgekehrter Folge begegnen. Die Verbindung der Grenzlinien an beiden Orten wird ein richtiges, wenn auch nicht genaues Bild der Vertheilung der Formationen in einer grösseren Strecke geben und dadurch Befriedigung gewähren. Auf die Wahl der Farben kommt es bei den an Ort und Stelle gemachten Skizzen nicht an. Nur ist zu beachten, dass jede Farbe eine Gesteinsart oder eine Schichtengruppe bezeichne, welche man glaubt als ein Formationsglied ausscheiden zu dürfen; man darf dabei nicht versäumen, an der Seite der Karte sofort einen Pinselstrich mit jeder Farbe zu machen und anzugeben, was

mit ihr gemeint ist, vielleicht mit Hinweis auf Seite oder Tag im Tagebuch, wo die Formation beschrieben ist. Für jede Ausscheidung, wenn sie wiederkehrt, wird dieselbe Farbe wieder angewendet. Bald wird der Reisende Vergnügen daran finden, mit einem Blick die durchreisten Formationen zu überschauen. Bei späterer Ausführung der Karten kann man eine Annäherung an das international vereinbarte Farbenschema erstreben; aber der Grad der Anpassung darf nur von Zweckmässigkeitsrücksichten geleitet werden. Insbesondere sollten die grossen transgredirenden Formationen durch kräftig hervorleuchtende Farben ausgezeichnet werden; denn mit einer solchen Formation beginnt die Entwickelung eines ganz neuen geologischen Bildes auf dem Hintergrund eines anderen, mehr alterthümlichen, meist halb verwischten und von anderen Anordnungsgesetzen beherrschten.

2) Das zweite Ziel ist die Darstellung des inneren Gebirgsbaues. Derselbe sollte für den Beschauer der Karte wenigstens annähernd so klar erkennbar sein, wie ihn der Beobachter wahrzunehmen glaubte. Sind die Lagerungsverhältnisse nicht angegeben, so bleibt in der grossen Mehrzahl der Fälle die genaueste geologische Karte für den Blick des Geübtesten höchstens halbverständlich. Streichrichtung, Fallrichtung und Fallwinkel sind daher stets nach den Beobachtungen einzuzeichnen.

Man kann sich dabei gewisser Signaturen bedienen, indem man eine 4—10 mm lange gerade Linie in der Richtung des Streichens einträgt und durch einen an die Mitte derselben rechtwinklig angesetzten Pfeil die Richtung des Fallens bezeichnet; eine daneben gesetzte Ziffer giebt den Fallwinkel in Graden an. Der Ansatz des Pfeiles an die Streichungslinie muss genau im Beobachtungspunkt liegen. Bei antiklinaler Lagerung (Schichtengewölbe oder Sattel) wird das beiderseitige Einfallen durch zwei von demselben Schnittpunkt mit der Streichungslinie ausgehende, einander entgegengesetzte Pfeile, bei synklinaler Lagerung (Schichtenmulde) durch zwei einander zugerichtete, ebenfalls durch die Streichungslinie getrennte Pfeile, stets mit Beisetzung der Fallwinkel, bezeichnet. Horizontale Lagerung wird durch zwei sich rechtwinklig kreuzende Linien angedeutet, senkrechtes Einfallen kann als ein Fallwinkel von 90° angegeben werden. Für wellenförmige oder zusammengefaltete Lagerung kann man beliebige Signaturen einführen. Es fehlt noch an einem allgemein gebräuchlichen Schema für dieselben, insbesondere für die Angabe von Ueberschiebungen, von Schuppenstructur, von überkippter oder widersinniger Lagerung u. s. w.

Ist auch das Lesen einer solcherart mit Bezeichnungen versehenen Karte ein Studium, so führt doch dieses zu einem genauen Einblick in den Gebirgsbau. Das Verständniss wird wesentlich erleichtert durch das Entwerfen von Profilzeichnungen. Um sie anzufertigen, denkt man sich einen senkrechten Durchschnitt, ungefähr rechtwinklig zur Streichrichtung der Schichten, durch einen Gebirgszug oder einen Theil eines solchen gelegt und sucht denselben so genau als möglich in der Linie des Durchschnitts zu verqueren. Die vollkommenste Leistung würde darin bestehen, das durch die Durchschnittsebene sich ergebende Querprofil des Gebirgszuges in richtiger Gestalt, mit gleichem Verhältniss von Höhen und Längen zu construiren und die an der Oberfläche erscheinenden Gesteine nach ihrer wirklichen Mächtigkeit, in ihrer Fallrichtung und mit ihrem Fallwinkel einzutragen. Findet sich in der Natur ein tiefer Querschnitt durch das Gebirge, so kann man die Linien auf Grund thatsächlicher Beobachtung zu einem Gesammtbild der Structur verlängern; doch ist man gewöhnlich darauf angewiesen, dies theoretisch zu thun; durch ausgezogene oder punktirte Linien sollte man unterscheiden, was beobachtet ist und was auf Schlussfolgerung beruht. Da man zur Construction genauer Profile selten Zeit hat, so begnügt man sich in der Regel mit ihrer schematischen Anfertigung. Durch sie kann die Darlegung der Structurverhältnisse, wie der Beobachter sie auffasst, weit genauer geschehen, als durch die auf der Karte angebrachten Signaturen. Die letzteren werden dadurch ergänzt aber keineswegs überflüssig gemacht.

Zu den Structurverhältnissen, welche auf der Karte eingetragen werden müssen, gehören die Bruchlinien, wenn sie von Verwerfungen begleitet sind. Aus sehr genauen Karten ergeben sie sich dem Kenner zum Theil von selbst. Der Reisende kommt in den Fall, sie wahrzunehmen, ohne die Beobachtungen entlang denselben vervollständigen zu können. Dann ist die Bruchfläche in ihrer Streichrichtung mittelst einer verstärkten Linie einzuzeichnen; rathsam ist es, durch kleine Pfeilspitzen auch die Seite anzugeben, an welcher die Absenkung stattgefunden hat. Selten wird man auch ihren Verticalbetrag bestimmen können, und dann sollte er in Ziffern beigefügt werden.

3) Die geologische Karte sollte auch Angaben über das

Vorkommen von nutzbringenden Mineralien, das Bestehen von Bergbau und Steinbrüchen, das Auftreten von warmen Quellen u. s. w. enthalten. Auch dafür kann man kurze Bezeichnungen einführen.

4) Mit Ausnahme der verhältnissmässig beschränkten Erdräume, von welchen genaue Karten in grossem Maassstab vorhanden sind, findet der Reisende überall unvollkommene Kartenbilder, oder es fehlt noch gänzlich an Versuchen zu naturgetreuer Darstellung. Im letzteren Fall ist dadurch dem Reisenden stets eine Hauptaufgabe vorgezeichnet, für welche er Anleitung von bewährtester Hand in einem anderen Theil dieses Buches findet. Wer geologische Arbeit thun will, der sollte aber auch dort, wo die Grundlage unvollkommen ist, fortdauernd bemüht sein, das topographische Bild zu ergänzen und zu vervollkommnen. Neben genauer Planzeichnung liegt ihm besonders die Wiedergabe der Plastik ob. Die Gebirge sollen nicht nur in ihrer Existenz angegeben sein, sondern in ihrer Gliederung und ihrem orographischen Charakter aufgezeichnet werden. Wie ihr Verständniss durch die geologischen Farben erhöht wird, ist auch umgekehrt eine Erkenntniss des geologischen Baues nur mit Hilfe des oroplastischen Bildes möglich. Beides ergänzt sich gegenseitig. Der Formensinn muss geübt werden; er entwickelt sich durch die unablässigen Versuche zu getreuer Darstellung. Gerade hierfür fehlt vielen Reisenden das Verständniss. Sie zeichnen ihren Reiseweg auf das sorgsamste auf, tragen die von ihnen gemessenen Höhen ein, geben jedes überschrittene Gewässer an (wobei man niemals unterlassen sollte, die Richtung des Flusses durch einen Pfeil zu bezeichnen), begnügen sich aber hinsichtlich der Plastik mit rohen Andeutungen, aus denen nicht viel mehr als der unebene Charakter des Landes hervorgeht, und geben höchstens einige besonders auffällige Gipfel in ihrer von dem Reisewege gepeilten Lage an. Dies ist durchaus ungenügend. Der Reisende wird gut thun, sich an den näheren Umgebungen einzelner Orte, an denen er länger weilt, in der Herstellung eines die Plastik in allgemeinen Zügen wiedergebenden Bildes zu üben. Dazu gehört auch als ein wesentliches Moment die Angabe allgemeiner relativer Höhen, welche, soweit sie nicht gemessen werden können, nach Schätzung eingetragen werden sollten. Um darin Fertigkeit zu erlangen, sollte man sich daran gewöhnen, in bergigem Land von einzelnen Punkten aus die relative Erhebung

anderer Punkte, nach denen man hinanzusteigen gedenkt, insbesondere der Rücken und Gipfel, zu schätzen und dann die Richtigkeit der Schätzung durch das Aneroid zu controliren. Auf diese Weise wächst die Uebung schnell, wenn man auch stets der Begehung erheblicher Irrthümer ausgesetzt bleibt. Es ist aber weit befriedigender, auf einer Routenkarte die relative Höhe der Gipfel in einem Bergzug beispielsweise zu 2000 Meter, mit einer möglichen Irrung vou 300 m zu viel oder zu wenig, angegeben zu sehen, als desshalb, weil der Verfasser aus übermässiger Gewissenhaftigkeit nur das genau bekannte angebracht hat, in der Vermuthung über die Höhe des aufgezeichneten Gebirges von 500 bis 3000 m schwanken zu müssen. Unter allen Umständen sollten geschätzte Höhen durch eine andere Schriftart als die der berechneten eingetragen werden.

B. Zusammensetzung und Formgebilde des festen Landes.

1. Plastik des Festlandes.

Grosse Verschiedenheit bietet die Plastik der Länder, welche der Reisende durchzieht. In ausgedehnten Erdräumen walten einfache und einheitliche Bodenformen; in anderen Gegenden begegnet man dem das Wesen gebirgiger Länder bedingenden fortdauernden Wechsel von aufragenden Theilen und Hohlformen, von sanften und steilen Neigungen in endloser Mannigfaltigkeit der Vertheilung, und vielgestaltig sind die Typen der Mittelglieder zwischen Ebene und Gebirge. Die nach Höhen abgestufte Landkarte, verbunden mit guten Beschreibungen und landschaftlichen Zeichnungen, vermag ein Bild der Bodenformen zu schaffen; doch ist es nicht leicht, sprachlich den richtigen Ausdruck für eine lebensvolle Darstellung der reinen Oroplastik zu finden. Zunächst sind die allgemeinen Gestaltungen und die Einzelgliederungen zu unterscheiden; Beides aber sind relative Begriffe, deren Anwendung zwischen eben so weiten Grenzen schwankt, wie die Maassstäbe, in denen man Erdräume von verschiedenem Areal kartographisch abbildet.

Bei der Abbildung ebenso wie bei der Beschreibung von Continenten oder grossen Theilen von solchen bedient man sich eines kleinen Maassstabes, welcher nur die allgemeinen Gestaltungen zur Anschauung bringt, während die Einzelheiten des Reliefs

als unwesentlich und nebensächlich für die Gesammtauffassung, völlig verschwinden. Von diesem Gesichtspunkt unterscheidet man nach der absoluten Erhebung über das Meer: Tiefland, Mittelland und Hochland, deren gegenseitige Grenzen in jedem Continentalraum dort liegen, wo von einer weit ausgedehnten tieferen Stufe ein durch das Zusammendrängen der Isohypsen bezeichneter schneller Uebergang zu einer höheren, ebenfalls weit verbreiteten Stufe stattfindet. Die mittlere Höhe der oberen Grenze der ersten Stufe ergiebt für jeden Continent die Scheide von Tiefland und Mittelland; sie schwankt zwischen 300 und 500 m. Innerhalb weiterer Grenzen bewegt sich diejenige zwischen Mittelland und Hochland, und ersteres fehlt oft gänzlich als besondere Stufe. In dem Rahmen des allgemeinen Bildes erscheinen die Gebirge als enger und meist schärfer begrenzte Schwellungen des Bodens, und zwar bald langgestreckt als sogenannte Kettengebirge, bald von gedrungener Gestalt als sogenannte Massengebirge, denen eine ausgesprochene Längsaxe fehlt. Ja nach ihrer absoluten Höhe unterscheidet man auch bei ihnen, unabhängig von ihrer Gestalt: Hügelland, Mittelgebirge und Hochgebirge, wobei die Abgrenzungen in ähnlicher Weise wie bezüglich des Gesammtreliefs schwanken. Diese allgemeinen Verhältnisse sind auch von dem Reisenden zu berücksichtigen, insofern er bemüht sein sollte, sich ein Gesammtbild von dem Relief des von ihm besuchten Erdraums zu schaffen; doch sollte er sich dabei durch conventionelle Bezeichnungen und Abgrenzungen nicht zu sehr leiten lassen. Es bieten sich für ihn eine Reihe lehrreicher Gesichtspunkte, z. B.: die Ausdehnung und die Neigung, event. die Beckenform des Flachlandes in verschiedenen Höhenlagen; die Gestalt und relative Höhe der steileren Stufen; die allgemeine Richtung und Anordnung der Gebirge; die Neigungswinkel der Gehänge der letzteren, wenn man sie, ohne Rücksicht auf Einzelgliederung, als Bodenschwellen auffasst; die Vertheilung der Stromgebiete in ihrer Beziehung zu den Gesammtformen des Bodens; der Einfluss, welchen die letzteren auf klimatische Verhältnisse, auf Verbreitung der Organismen nach Höhenstufen, sowie der Ansiedelungen und der Cultur des Menschen ausüben.

Man sollte sich bei ideellen und beschreibenden Darstellungen der Plastik stets der Vergleichung mit dem gezeichneten Kartenbild oder in Thon geformten Reliefbild bewusst

sein. Je grösser der Maassstab genommen wird, desto mehr treten die Einzelheiten der Gestaltung als wesentliche Züge des Bildes hervor, und damit modificiren sich die Gesichtspunkte der Betrachtung. Die absoluten Höhen treten mehr und mehr an Bedeutung zurück gegen die relativen; die Gebirge erscheinen nicht mehr als einfache Anschwellungen, sondern als reichgegliederte Massive; selbst in den einförmigsten Verebnungen zeichnen sich Abstufungen, leichte Böschungen, Bodenwellen und Furchen, die das fliessende Wasser hinein schnitt. Am vielgestaltigsten wird das Gebirge; hier sind die Kämme zu beachten: ob sie im Querprofil breit und flach, oder zugeschärft sind; ob ihr Längsprofil eine einfache oder wellige Linie ist, oder durch den Wechsel hoher Gipfel und tief eingesenkter Pässe ausgeschartet, oder gar durch eine quer dagegen gerichtete Furche unterbrochen wird; ob mehrere parallele oder nahezu parallele Kämme vorhanden sind; ob diese in ihrer Gestalt ähnlich oder von einander sehr verschieden sind; ob einer von ihnen durch Höhe und wasserscheidenden Charakter vor anderen hervorragt, oder ob das grösste Höhenmaass, oder die Wasserscheide, oder Beides, von einem Kamm auf den anderen im Fortstreichen des Gebirges überspringt; ob sich von einem Hauptkamm verschiedene Querkämme oder Jochkämme einseitig oder beiderseitig abzweigen; ob ein einheitliches System dieser Art das ganze Gebirge zusammensetzt, oder nur einen Theil desselben bildet; ob die höchsten Gipfel auf dem Hauptkamm oder auf den Jochkämmen stehen; ob im Verlauf des Gebirges einzelne grössere Massive mit selbstständiger Kammverzweigung sich absondern; — ferner, ob das Querprofil der einzelnen Kämme symmetrisch oder unsymmetrisch ist; ob die steileren Flanken durchweg nach derselben Seite liegen, und ob das ganze Gebirge im Querschnitt unsymmetrisch gebaut ist, indem es nach einer Seite kurz und steil abfällt, nach der anderen sich allmählich abdacht; ob eine Flanke (und welche) sich unter das Meer oder unter eine schutterfüllte Verebnung herabsenkt; ob sich einer Seite im Gegensatz zur anderen ein relativ hohes Land anschliesst, und ob dieses gebirgigen oder Tafellandcharakter hat, oder ob breite muldenförmige, mit Salzseen erfüllte Hochflächen, die zwischen locker gestellten Gebirgszügen angeordnet sind, den Charakter bestimmen. Die Gliederung aufragender Theile wird bedingt und ergänzt durch die

Gliederung der Thäler und Hohlformen überhaupt, wobei ähnliche Gesichtspunkte festzuhalten sind, und zugleich auf die Vertheilung der Gewässer unter dieselben zu achten ist.

Je vollkommener das oroplastische Bild ist, desto mehr wird es eine Grundlage für die Orometrie und die orometrische Vergleichung verschiedener Gebirge geben. Für einen geradgestreckten Kamm, in dessen Linie die Gipfel und Pässe liegen, kann man aus vielen Höhenmessungen die mittlere Kammhöhe berechnen, welche das geometrische Mittel aus den Höhen aller Punkte der Kammlinie ist. Nicht ohne Willkür hingegen geschieht die Berechnung von mittlerer Gipfelhöhe und mittlerer Passhöhe, da es schwer ist, Grenzen für die Auswahl der zu berücksichtigenden Gipfel und Pässe festzustellen. Aber auch nur einigermaassen sichere Resultate sind von Werth für die Auffindung des als mittlere Schartung bekannten Verhältnisses zwischen beiden. Denn je tiefer im Verhältniss zur Gipfelhöhe die mittlere Passhöhe hinabgeht, um so leichter ist im Allgemeinen ein Gebirgskamm zu überschreiten. Häufig tritt jedoch die Bedeutung dieses Werthes zurück, indem ein Thal den Kamm quer durchzieht, und an die Stelle von dessen Ueberschreitung ein einfaches Hindurchgehen tritt. Solche Stellen sind besonders bei hohen Gebirgen zu beachten, da sie meist die wichtigsten Stellen für Passübergänge sind.

So wesentlich die oroplastische Darstellung eines Erdraumes ist, besteht doch das wissenschaftliche Verständniss der Formgebilde der Erdoberfläche, wie bereits angedeutet, erst in ihrem genetischen Erfassen; der Reisende sollte daher das Ziel verfolgen, sie nicht nur nach ihrer äusseren Gestalt zu erkennen, sondern auch ihren inneren Bau zu ergründen und den Vorgängen ihrer Bildung und Umbildung entweder selbst nachzuspüren oder Material zu deren Verständniss aufzusammeln. Im dritten Abschnitt werden die Richtungen der darauf bezüglichen Beobachtungen und die Methoden zu ihrer Ausführung dargestellt werden. Da jedoch Derjenige, welcher sich solchen Untersuchungen widmet, ihren Zweck klar durchschauen muss, um sie in einer demselben entsprechenden Weise auszuführen, so erscheint es geeignet, vorher die für die morphologische Betrachtung der Erdoberfläche leitenden Gesichtspunkte kurz zusammenzustellen. Es wird sich dabei Gelegenheit bieten, einige

der Probleme, zu deren Lösung der Reisende beizutragen vermag, namhaft zu machen. Wem die höheren Ziele der Forschung bekannt sind, der wird zweckbewusst, und daher mit grösserer Aussicht auf Erfolg, an die kleineren Arbeiten gehen, welche die Vorstufen zur Erreichung von jenen bilden.

2. Die an der Zusammensetzung der festen Erdoberfläche theilnehmenden Gesteine.

Die Oberfläche der Festländer besteht aus einem festen Gerüst von Gesteinen, welche zum Theil dieselbe unmittelbar bilden, zum Theil mit lockerem Erdreich bedeckt sind. In der Geologie wird zwar auch dieses als „Gestein" bezeichnet, doch ist es an gegenwärtiger Stelle zweckmässiger, die lockeren Deckgebilde für sich zu betrachten. Die Grundzüge der Systematik der Gesteine hängen eng mit den Grundzügen der Entwickelungsgeschichte der Erdrinde zusammen, wie sie sich auf inductivem Wege ergeben hat. Die Entstehung einer festen Rinde auf dem heissflüssigen Erdkörper durch Ausstrahlung der Wärme, bei gleichzeitiger Condensirung hoch überhitzten Wassers auf ihrer Oberfläche, bezeichnet, soweit die Forschung in das Chaos der Urgeschichte einzudringen vermocht hat, den Anfang der Gesteinsbildung. Von dieser ersten Oberfläche aus wuchs die Rinde nach aussen durch Aufwärtsdringen heissflüssiger Massen aus der Tiefe und durch Absatz von Zerstörungsproducten und gelösten Stoffen aus dem Wasser, während sie nach innen, in weit stärkerem Maass, durch Erstarrung zunahm. Hier war der Sitz des Vulcanismus, der, als die Rinde dünn war, wenig Widerstand zu überwinden hatte, sich sehr häufig äusserte und die der Erstarrungsoberfläche zunächst gelegenen Theile des Inneren durch Spalten nach aussen brachte, später aber, als durch fortschreitende Erstarrung die Widerstände allmählich wuchsen, sich mehr und mehr selten und paroxysmatischer äusserte, während zugleich die nach der Oberfläche gelangenden Massen aus grösserer Tiefe stammten und, da die Zusammensetzung der Erde von der Oberfläche gegen das Innere sich nach arithmetischen Gesetzen ändert, von anderer Beschaffenheit waren als die früheren. Der sich zu gleicher Zeit allmählich verdickende äussere Theil der Rinde setzte sich demnach aus zweierlei Producten zusammen: 1) den in heiss-

flüssigem Zustand aus der Tiefe heraufgedrungenen, stets mit überhitztem Wasser vermengten Massen, welche krystallinisch erstarrten und die Eruptivgesteine abgaben, deren wichtigste Eigenschaft darin besteht, dass ein in ihrer chemischen Zusammensetzung waltendes Zahlengesetz sie zu einem Ganzen verbindet; 2) den Sedimentgesteinen, welche sich im Wasser absetzten und anfangs aus der Zerstörung der Gebilde der Erstarrungsrinde und der Eruptivgesteine, später aus derjenigen der letzteren und der älteren Sedimente hervorgingen. Sie haben eine regellose, von zufälligen Umständen abhängige chemische Zusammensetzung und sind in Form horizontaler oder wenig geneigter Lagen oder Schichten (normal) abgelagert, während die Eruptivgesteine in von unten nach oben (abnorm) gerichteten Spalten aufstiegen und entweder Hohlräume zwischen den Sedimentschichten ausfüllten, oder sich an der Oberfläche durch Ueberströmen ausbreiteten; unter besonderen Umständen traten in ihrer Masse bei der Ankunft an der Oberfläche paroxysmatische und explosive Erscheinungen ein und verursachten dadurch die Entstehung von Vulcanen. — Da die Sedimentgesteine die Entwickelung von der Erstarrungsoberfläche nach oben darstellen, die Eruptivgesteine aber ein Abbild derjenigen von der Erstarrungsoberfläche nach unten geben, so haben beide in ihr einen gemeinsamen Berührungspunkt und müssen dort aus demselben Material bestehen. Granit, welcher als die Unterlage aller Sedimentgebilde angesehen wird, und Urgneiss, welcher das tiefste derselben bildet, sind daher eng verwandt und oft identisch. Sie bilden die Ausgangspunkte der Systematik der Gesteinslehre, deren leitendes Motiv sich nach diesen Grundanschauungen leicht übersehen lässt. Es ist dabei stets festzuhalten, dass es bei den Gesteinen keine scharf getrennte Gattungen und Arten giebt, sondern, wie Granit und Gneiss in einander übergehen, so auch jedes Gestein überhaupt durch Aenderung der Structur oder der Zusammensetzung gewissen anderen Gesteinen durch Uebergänge verbunden ist. Dies erschwert die präcise Anwendung der Nomenclatur.

a. **Die Sedimentgesteine** lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten eintheilen. Dem Alter nach giebt es im Wesentlichen zwei grosse Reihen: die archaischen und die secundären Sedimentgesteine. In der ersten walten die krystallinischen Schiefer weitaus vor, in der anderen die aus agglomerirten

Massen durch Cementation verhärteten Sandsteine, Schieferthone und Kalksteine. Die ersten reichen, im Alter, von den Anfängen der Sedimentbildung bis zu der Zeit der ersten sicher nachweisbaren Spuren der Existenz organischen Lebens auf der Erde und umfassen wahrscheinlich weitaus die längere Periode; die anderen stammen aus denjenigen Zeitaltern, aus welchen das organische Leben seine Spuren in zahllosen deutlichen Resten hinterlassen hat. In der Regel sind die Gesteine beider Reihen auch insofern von einander getrennt, als ausgedehnte Erdräume oder grössere Theile eines und desselben Gebirges an der Oberfläche ausschliesslich die Gesteine der einen oder der andern Reihe erkennen lassen. Wo secundäre Sedimentsteine vorkommen, liegen die archaischen stets darunter. Es giebt auch Erdstellen, wo sich auf kleinem Raum in häufigerem Wechsel archaische und secundäre Sedimentgesteine nebeneinander finden; dann lassen sich die ersteren als Grundgebirge oder Kerngebirge oft mit grosser Schärfe von den darüber lagernden Schichtgebilden sondern.

Die Einfachheit der angegebenen, auf das Alter begründeten und im petrographischen Charakter zum Ausdruck kommenden Zweitheilung wird dadurch beeinträchtigt, dass secundäre Sedimentgesteine in vielen Fällen unter gewissen, noch nicht klar erkennbaren Umständen innere Umänderungen erfahren haben, durch die sie in krystallinische Schiefer verwandelt wurden, welche sich im petrographischen Charakter nicht von den archaischen Gesteinen unterscheiden lassen. Ihre Sonderung als metamorphische Gesteine hat für den Ungeübten nur theoretischen Werth. In der Praxis fallen sie für ihn mit den archaischen Gesteinen zusammen, denen sie sich auch betreffs der Rolle im Gebirgsbau und der äusseren Bergformen innig anschliessen. Das Gleiche gilt von einer wesentlich nach genetischem Princip zu sondernden dritten Classe der krystallinischen Schiefer, welche, wie aus neueren Forschungen hervorzugehen scheint, durch Streckung und Auswalzung von Eruptivgesteinen unter hohem Gebirgsdruck entstanden sind. Muss auch Jeder mit dem Vorhandensein dieser genetischen Unterschiede bekannt sein, so genügt doch für die praktischen Zwecke des Reisenden die Unterscheidung von zwei grossen Classen, nämlich den krystallinischen Schiefergesteinen und den einfach verhärteten, sonst relativ unveränderten secundären Sedimentgesteinen.

1. Die krystallinischen Schiefergesteine. Weitaus der Haupttheil derselben entstammt dem archaischen Zeitalter und bildet das eigentliche Grundgebirge für alles Nachfolgende. Die Entstehungsart dieser ältesten Schichtgebilde ist nicht sicher erwiesen und lässt sich nur aus Wahrscheinlichkeitsgründen ableiten. Je nach den Lehrbüchern, in denen der Reisende seine Vorstudien macht, wird er verschiedene Ansichten vertreten finden. Neuere Untersuchungen scheinen für die ältesten der in Rede stehenden Gesteine eine so gleichmässige Entwickelung über die ganze Erdrinde darzuthun, dass man zu der Annahme neigt, sie seien ursprünglich so gebildet, wie wir sie heute finden, d. h. von Anfang in krystallinischem Zustand abgelagert. Sie stellen vielleicht zum kleinen Theil das Oberste der Erstarrungsrinde des Planeten dar, welche sich im Verein mit hoch überhitztem Wasser bildete, während sie wohl zum weit überwiegenden Theil aus dem überhitzten und sich allmählich abkühlenden Ocean der Urzeiten niedergeschlagen wurden und sich demgemäss in ihrer Natur mit dem fortschreitenden Alter der Erde änderten, indem zu dem Absatz aus chemischer Lösung nach und nach der Niederschlag mechanisch suspendirter Theile kam und die überwiegende Rolle erhielt. Sehr grosse, aber nur selten noch in einzelnen Spuren nachweisbare Veränderungen trugen sich in jedem Theil der Erdoberfläche während des archaischen Zeitalters zu, und die ältesten Gebilde desselben sind durch lange Zeiträume von den im Bau der Erdoberfläche weitaus gegen jene vorherrschenden jüngeren getrennt, welche immer bunter zusammengesetzte Schichtfolgen zeigen. Trotz ihres krystallinischen Charakters tragen sie alle Anzeichen, dass sie, gleich den metamorphischen Gesteinen späterer Zeitalter, durch Umänderung von klastischen Gesteinen und organogenen Kalksteinen entstanden sind. Man nennt zwar die gesammte archaische Gesteinsreihe auch azoisch, aber nur aus dem negativen Grund, weil ein reich entwickeltes organisches Leben in wohlerhaltenen Resten darin noch nicht nachgewiesen worden ist. — Gneiss, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, Sericitschiefer, Thonglimmerschiefer und Thonschiefer sind die wichtigsten krystallinischen Schiefergesteine, welche der Reisende kennen muss. Zwischengelagert sind: körniger Kalkstein oder Marmor, Quarzit, und in den oberen Theilen häufig

eine Reihe von Schiefern, welche sich durch grüne Farben auszeichnen und für praktische Zwecke als Grüne Schiefer bezeichnet werden können.

2. Die secundären Sedimentgesteine oder das Flözgebirge. Alle Formationen von der Cambrischen an sind im wesentlichen aus Schichtgesteinen aufgebaut, welche noch jetzt durch ihre Beschaffenheit den Beweis liefern, dass sie durch die Ablagerung mechanisch in Wasser suspendirter Theile oder chemisch gelöster Stoffe gebildet wurden und von einem ursprünglich weichen oder locker agglomerirtem Zustand meist zu festem Gestein erhärteten. Alle Schieferthone, Sandsteine, Conglomerate und die meisten Kalksteine haben diese Entstehung. Nur der durch Korallen aufgebaute Riffkalk und einige chemische Sedimente waren schon ursprünglich grösstentheils fest. Hierher gehören eigentlich auch die jetzt noch weichen oder losen Ablagerungen aus Meerwasser und Süsswasser; doch sollen sie, im Unterschied mit dem festen Gesteinsbau, zu den losen Deckgebilden gerechnet werden. — Bei der Betrachtung der Sedimentgesteine ist zu beachten, dass, wie die Tiefseeforschung lehrt, alle Ablagerungen der der Zerstörung der Festlandsgebilde entnommenen mechanisch suspendirt gewesenen Stoffe im Wesentlichen in einer selten mehr als 400 km breiten, meist aber schmäleren Küstenzone niedergeschlagen worden sind, in den von Continenten und Inseln ferneren Theilen des Meeresbodens aber ihr Niederschlag stets von verschwindender Bedeutung war. Die Entstehung aller Kalksteine ist auf die Aussonderung des Kalkes aus seinen im Meerwasser gelösten Salzen durch Thiere und Pflanzen zurückzuführen; und zwar theils durch feste, zur Entstehung von Riffen Anlass gebende Colonien derselben, wie insbesonderere der lichtbedürftigen, daher auf geringe Meerestiefen angewiesenen Kalkalgen, Kalkschwämme, riffbauenden Korallen und Austern, theils durch frei bewegliche grössere Schalthiere der Küstenzone, welche eine geringe Rolle spielen, theils durch frei schwimmende, wesentlich bei Nacht an die Oberfläche kommende, über weite Meeresräume in wolkenähnlichen Schaaren verbreitete, meist mikroskopisch kleine thierische Organismen, deren kalkige Panzer auf den Boden des Meeres fallen und sich dort regionenweise zu mächtigen Ablagerungen anhäufen können, in den über 4000 m betragenden Tiefen aber fehlen. Mächtige Ablagerungen reiner Kalksteine konnten theils

aus den bei positiver Strandverschiebung emporwachsenden festen Colonien und ihrem weit ausgedehnten Mantel von Zertrümmerungsprodukten, theils aus den weite Theile des Meeresbodens gleichmässig bedeckenden Ansammlungen niedergesunkener mikroskopischer Kalkpanzer entstehen; doch bietet die Erklärung der Bildung vieler Kalksteinablagerungen grosse Schwierigkeiten.

So wenig zahlreich die Namen sind, unter denen sich die in den secundären Sedimenten vertretenen Gesteinsarten zusammenfassen lassen, bilden sie doch den allermannigfaltigsten Aufbau, theils wegen der endlosen Veränderlichkeit im äusseren Charakter, welche ihnen eigenthümlich ist, und theils wegen der nicht minder vielgestaltigen Art, in welcher sie miteinander wechseln. Den einzigen Anhalt zu einer wissenschaftlichen und durchgreifenden Gliederung liefert das historische Moment, welches die eingeschlossenen organischen Reste abgeben. Darauf stützt sich die Eintheilung der Erdgeschichte in das archaische, paläozoische, mesozoische und känozoische Zeitalter und eine grössere Reihe untergeordneter Perioden und Epochen, sowie die Eintheilung der Sedimentgebilde in Formationen oder Systeme, welche den Perioden entsprechen. Mit der Aufeinanderfolge der Formationen von der Cambrischen und Silurischen bis zu den Tertiär-Formationen, und den Gebilden des Diluviums und Alluviums, sollte jeder Reisende vertraut sein. Es ist nicht schwer, sich ihre Grundzüge anzueignen und mit den vorwaltenden paläontologischen Merkmalen bekannt zu werden, auf welche sich die Eintheilung stützt.

b. **Die Eruptivgesteine.** Das charakteristische äussere Merkmal dieser Gesteine ist ihr Mangel an Schichtung, verbunden mit einem krystallinischen Gefüge und einer Zusammensetzung aus mehreren Mineralspecies. Ihre Entstehungsweise und die Gesetzmässigkeit in ihrer chemischen Zusammensetzung wurden schon erwähnt. Um einzelne Gesteine mit Namen benennen zu können, sollte der Reisende sich zunächst mit den wenigen als wesentliche Gemengtheile auftretenden Mineralien hinreichend vertraut machen, um sie bei makroskopischer Ausbildung erkennen zu können. Die wichtigsten sind: Quarz, Feldspathe (Orthoklas und Plagioklase), Glimmer (Muskovit und Biotit), Augit, Hornblende, Olivin, Granat, Kalkspath, Magneteisenstein. In zweiter Linie kommt das Gefüge oder

die Textur in Betracht, deren Abänderungen man durch das Studium von Handstücken in Sammlungen leicht kennen lernt. Bei granitischer Textur sind alle zusammensetzenden Mineralien zu einem gleichmässig körnigen Gemenge auskrystallisirt; bei porphyrischer umschliesst eine feinkörnig-krystallinische oder auch eine dichte und selbst glasige Grundmasse grössere Krystalle eines Minerals oder mehrerer; bei jüngeren Eruptivgesteinen kommt dazu das Gefüge geflossener Gläser, zuweilen mit schaumiger Aufblähung, und manche andere Modificationen. Aus der ersten Gruppe sollte man Granit, Syenit und die deutlicheren Varietäten von Diorit kennen lernen; aus der zweiten den Quarzporphyr und Porphyrit. Dem Laien wird man gern gestatten, sich des obsoleten Namens „Grünstein" für gewisse schwer erkennbare, dunkel und meist etwas grünlich gefärbte Gesteine zu bedienen; nur wäre es gut, den porphyrischen Charakter zu erwähnen, wo er vorhanden ist. Die jüngeren Eruptivgesteine sollen später behandelt werden.

c. In eine dritte Classe können alle **lockeren Bodengebilde** vereinigt werden, mit denen der feste Felsbau bedeckt ist. Sie entstehen durch die Zersetzung und mechanische Zerstörung des letzteren und befinden sich zum Theil noch an den Orten ihrer Bildung, zum Theil sind sie von diesen abgeräumt und an anderen Stellen in bunter Mengung abgelagert. Die wichtigeren Bodenarten werden in den Abschnitten über äusserliche Veränderungen und über die Ablagerungen durch fliessende Gewässer behandelt werden.

Die genannten Gesteine betheiligen sich in der mannigfaltigten Art der Zusammenfügung an dem Bau der festen Erdoberfläche. Ehe wir auf die Formen dieses Baues eingehen, betrachten wir die Kräfte, welche der äusseren Ausgestaltung zu Grunde liegen.

3. Gebirgsbildende und gebirgszerstörende Vorgänge.

Die Zusammensetzung des Festlandes aus Sedimentgesteinen allein, oder aus diesen und Eruptivgesteinen, und der innere Bau, d. h. die Art ihrer architektonischen Zusammenfügung, bieten bei wechselvoller Form der Oberfläche meistentheils, bei einförmiger Gestalt in vielen Fällen, erhebliche Verschieden-

heiten auf eng begrenztem Raum dar. Die Mannigfaltigkeit in beiderlei Beziehungen beruht in erster Linie darauf, dass die Gesteine sich nicht mehr ungestört in ihrer ursprünglichen Lage befinden, sondern dass einerseits einzelne Theile der äussersten Erdrinde Verschiebungen gegen einander bald in kleinerem, bald in grösserem Maassstab erfahren haben, andererseits Massenumsetzungen sich zugetragen haben, und in Folge der Fortführung fester Theile von einzelnen Stellen Hohlformen oder flächenartige Ausbreitungen zurückblieben, während an anderen die Zerstörungsproducte abgelagert und zur Erhöhung des Bodens verwendet wurden.

Als die hauptsächlichsten Motive der Herausbildung relativer Höhenunterschiede und wechselvoller Gestalt, daher der Gebirge und des Bodenreliefs im Allgemeinen, lassen sich die folgenden Vorgänge bezeichnen:

a. Das seitliche Zusammenschieben von Theilen der Erdrinde. Es kann sich äussern: in einer faltigen Biegung der Schichtgesteine, oder darin, dass einzelne Theile über andere auf schiefen Ebenen hinaufgeschoben sind. In jedem dieser Fälle ist ein Theil der äusseren Erdrinde auf einen weniger ausgedehnten Raum zusammengedrängt, als er bei horizontaler Ausstreckung der Schichtgesteine einnehmen würde. Da bei dem Zusammenschieben ein Ausweichen des Gesteins nach der Tiefe oder nach den Seiten nicht möglich war, fand eine relative Bodenerhöhung statt. — Diesen ausserordentlich häufigen Erscheinungen, welche das Hauptmotiv der Gebirgsbildung sind, können zweierlei Vorgänge zu Grunde liegen. Einerseits könnte sich ein seitliches Zusammenpressen eines keilfömig zu denkenden Erdrindentheils von gegebenem Volumen auf einen engeren Raum in Folge gegenseitiger Annäherung der seitlich angrenzenden Erdrindentheile, wie bei einer zwischen die Backen eines Schraubstockes eingezwängten Masse, ereignet haben; flach ausgebreitete und zugleich belastete Schichtgesteine, einer solchen Kraft ausgesetzt, würden, wie die Blätter eines unter analoge seitliche Pressung gestellten, stark belasteten Ballens Schreibpapier, in Falten geworfen werden, und ihre ganze Masse nach oben anschwellen. Vorgänge solcher Art müssen stattgefunden haben, da die äussere Erdrinde, welche eine gegebene Ausdehnung hat, dem durch Erkaltung sich verkleinernden Erdkern folgen muss und, indem sie sich der kleiner gewordenen

Masse desselben anzupassen strebt, eine zu weite Hülle für sie bildet. Es werden in der That von hohen Autoritäten alle Faltenbildungen innerhalb der Erdrinde auf die Voraussetzung zurückgeführt, dass durch das Nachsinken der letzteren seitliche Pressungen der angegebenen Art entstehen, welche ein Zusammenschieben verursachen. Andererseits jedoch könnte derselbe Erdrindentheil, ohne jegliche Aenderung des Volumens des Erdinneren und ohne irgendwelche Verschiebung der seitlichen Begrenzungen, eine Vermehrung seines eigenen Volumens erfahren; wie sie durch verschiedene Umstände, am meisten aber durch eine die ganze Masse des Keiles betreffende Temperaturerhöhung, eintreten kann. Der Effect würde ähnlich sein wie im ersten Fall: Der ganze Erdrindentheil würde eine faltige Zusammenschiebung erleiden, am intensivsten an den Stellen der grössten Volumenvermehrung. Lägen diese tief, so würde aus den innersten Theilen des Keiles heraus ein gewaltsames Aufwärtsdrängen der Massen stattfinden. — Es möge hier sogleich bemerkt werden, dass die Existenz von Vorgängen der ersten Art zwar ein nothwendiges Postulat der langsamen Erkaltung des Erdballs ist, dass aber das Gesammtmaass der innerhalb der Erdrinde, und zwar besonders innerhalb der tieferen Theile derselben vorhandenen Faltungen weitaus zu bedeutend ist, als dass man mehr als einen geringen Bruchtheil von ihnen auf die Verkleinerung des Erdumfanges zurückzuführen unternehmen dürfte. Erscheint mithin die angenommene Ursache zur Erklärung der Summe der beobachteten Wirkungen als durchaus unzureichend, so treten die Vorgänge der zweiten Art, deren vor einem halben Jahrhundert angeregte Annahme durch längere Zeit in den Theorien über Gebirgsentstehung mehr zurückgedrängt worden ist, ergänzend ein, um die Zusammenschiebung von Theilen der Erdrinde, die faltige Structur, in den Tiefen, die Emporwölbung über die frühere Oberfläche und das Aufwärtsschieben einzelner Theile auf geneigten Flächen genügend zu erklären. Es ist wahrscheinlich, dass diesen Vorgängen der grössere Antheil an denjenigen Erscheinungen, welche ein Zusammendrängen von Schichtmassen auf einen kleineren Raum erkennen lassen, zukommt, dass aber Letzteres ein complexes Phänomen ist, bei welchem noch mehrere andere Kraftäusserungen, ausser denen der zuerst genannten Art, ursächlich mitgewirkt haben.

In der Regel sind es langgedehnte Zonen, in welchen durch die angegebenen Vorgänge die Erdoberfläche eine relative Erhöhung erfahren hat und zu einem Gerüst, aus welchem die Gewässer ein vielgestaltiges Gebirge ausmeisseln konnten, emporgetrieben worden ist. Hierher gehören die grossen Faltungsgebirge der Erde.

b. Die Aufwölbung. Sie geschieht scheinbar durch eine vertical von unten nach oben wirkende Kraft, wie sie ersichtlich durch das Eindringen schmelzflüssigen Gesteins zwischen die Schichtflächen in den sogenannten Lakkolithen und wahrscheinlich durch örtlich beschränkte Volumenvermehrung ausgeübt wird. Selten ist sie mit Sicherheit zu beobachten; aber von um so grösserem Interesse sind die Fälle, wo dies geschehen kann. Man findet zuweilen in langer Erstreckung das Ansteigen nach einer Wölbung von zwei Seiten her, an Stelle des Scheitels der Wölbung aber einen tiefen grabenartigen Einbruch; so bei Schwarzwald und Vogesen und in den Gebirgen, welche den nördlichen Theil des Rothen Meeres zu beiden Seiten begrenzen.

c. Die Verwerfung, d. h. das Absinken einzelner Theile der Erde gegen andere. Dasselbe findet in der Regel entlang geradgestreckten Brüchen, oder vielmehr Bruchflächen statt, welche das Gestein, meist unter steilen Winkeln, zuweilen senkrecht, bald auf geringe, bald auf sehr weite Erstreckung durchsetzen. Während der eine Flügel scheinbar unverändert in seiner Lage beharrt, gleitet der andere an der Bruchfläche nach einem tieferen Niveau hinab. Gewöhnlich beobachtet man eine Reihe paralleler Brüche und ein staffelförmiges Absinken an ihnen. Stellenweise sind die obersten Schichten nicht mit von dem Bruch durchsetzt, sondern biegen sich entlang der Linie, wo der Bruch sie durchziehen würde, von der höheren nach der tieferen Staffel herab. Man nennt diese Abart der Verwerfung eine Flexur. Jeder Bruch ist die Folge der Auslösung von Spannungsdifferenzen. Sinkt dabei ein Flügel herab, so muss eine Volumenverminderung in der Tiefe, gleichviel ob durch Stoffentziehung oder durch Schrumpfen veranlasst, zu Grunde liegen. Umgekehrt würde das Ansteigen eines Flügels, während der andere in Ruhe bleibt, auf Spannungen deuten, die durch Volumenvermehrung in der Tiefe hervorgebracht wurden. Geschieht das Absinken

oder das Ansteigen an schief einfallenden Bruchflächen, so ist die eine wie die andere Bewegung gleichzeitig mit einer Raumerweiterung verbunden; denn eine Horizontalprojection würde zeigen, dass die einander zugekehrten Grenzlinien der Oberfläche der beiden Flügel, welche früher zusammenhingen, jetzt durch einen mehr oder weniger breiten Raum getrennt sind. Während sich Bewegungen dieser Art, wo sie in grossem Maassstab und in oftmaliger Wiederholung als Motiv der Gebirgsbildung ohne gleichzeitige Faltung auftreten, aus dem Nachsinken der Erdrinde auf den Erdkern kaum genügend erklären lassen, würden sie sich unmittelbar als Folge der Temperaturverminderung resp. der Erhöhung derselben innerhalb der Masse eines keilförmigen Stückes der Erdrinde ergeben.

Man findet theils ausgedehnte Erdräume, theils engbegrenzte Erdstellen von Verwerfungen betroffen. Der Verticalausschlag der letzteren kann sehr gering sein; er kann auch an einer einzelnen Verwerfung, oder durch Summirung mehrerer eng verbundener staffelförmiger Verwerfungen, mehrere tausend Meter betragen. Geschah die Absenkung oder das Ansteigen nach einer Seite, so bildet der stehen gebliebene höhere Flügel ein einfaches Bruch- oder Schollengebirge mit steilem Abfall an der Bruchseite, während die Oberseite zuweilen horizontal ist, in der grossen Mehrzahl der Fälle aber sich sanft abdacht; die staffelförmige Wiederholung des Bruches veranlasst in manchen Fällen eine Mehrzahl von parallelen Kämmen. Vollzog sich die Absenkung (wie vorher angegeben) in Gestalt eines in einer gewölbartigen Auftreibung eingesenkten Grabens, so entstanden gegenständige Bruch- oder Schollengebirge, welche sich wie rechte und linke Hand verhalten. Blieb ein Kern stehen und geschah die Absenkung nach wenigstens zwei Seiten von ihm hinweg, so bildete sich ein Horstgebirge; doch würde ein solches ebenfalls entstehen können, wenn bei einer Aufwölbung die Flanken von dem Kern in Staffeln abgesenkt würden. Beispiele geben: das Erzgebirge für die erste, Schwarzwald und Vogesen für die zweite, und vielleicht der Harz für die dritte Art.

d. Die erodirenden Agentien, insbesondere fliessendes Wasser und strömendes Eis (Gletscher). Das erstere schafft Rinnen, welche durch letzteres vertieft und an ihrer

Sohle erweitert werden können. Ausserdem vermag das Eis unter gewissen Umständen Becken auszuhöhlen, und breite Ströme desselben üben eine feilende Wirkung auf breite Flächen aus. Diese Agentien wirken von aussen umgestaltend auf die Gebirge; sie modelliren die durch die bisher genannten Factoren geschaffenen rohen Blöcke und veranlassen, gemeinsam mit der Verwitterung und der Arbeit des Spaltenfrostes, die Ausgestaltung der Gebirgsgliederung bis in die kleinsten Einzelheiten. Das fliessende Wasser kann aber auch ein primärer Factor der Gebirgsbildung sein, indem es Rinnen in eben ausgebreitetes Land gräbt. Sind dieselben tief und vielfach verzweigt, so können sie für sich allein aus verebnetem Boden ein Erosionsgebirge schaffen.

e. Das gewaltigste, durch Zerstörung fester Gebilde umgestaltend wirkende Agens ist die abradirende Arbeit der Brandungswelle. Sie richtet ihre Angriffe gegen die Gebirge nicht von aussen her, wie die erodirenden Agentien, sondern dieselben treffen unmittelbar die inneren und tieferen Theile, so dass die oberen den Halt verlieren und nachstürzen. Die Brandungswelle zerstört, wenn ihr hinreichend Zeit gegeben ist, alles Gestein, welches durch den Wechsel von Ebbe und Fluth innerhalb einer horizontalen schmalen Zone in ihren Bereich kommt. Steile Felswände werden unterwaschen, und wären sie mehrere tausend Fuss hoch, so würden sie herabstürzen und ihre Trümmer abermals zerstört werden. Es bildet sich eine sanft ansteigende Felsfläche, die Abrasionsfläche. In einem gegebenen Niveau kann die Arbeit über eine gewisse Entfernung landeinwärts von der Ebbelinie nicht fortgesetzt werden, weil die aufrollende Brandungswelle ihre Kraft durch Reibung verliert. Steigt aber der Meeresspiegel langsam an, so wird die Grenze der Arbeitsleistung weiter und weiter in das Innere verlegt. Die Abrasionsfläche wächst an Breite auf Kosten der Festlandsgebilde; ihr oberes Ende ist durch die Brandungslinie bezeichnet, über der sich felsige Steilabstürze erheben; von dort senkt sie sich allmählich unter das Meeresniveau. Ihre Breite kann viele hundert Kilometer erreichen. Eine Verflächung, die in Folge des Härtewechsels der Gesteine und der Ungleichmässigkeit im Betrage der positiven Strandverschiebung vielerlei Wechsel im Relief zeigen kann, aber bei öfterer oscillatorischer Wiederholung der Abrasion mehr und

mehr geglättet wird, breitet sich nun über dieselben Regionen aus, wo vorher mächtige Gebirge sich erhoben. Diese werden gleichsam hinweggefegt; nur ihre tiefsten, unterhalb der früheren Thalsohlen gelegenen Kerne sind durch die Abrasionsfläche blossgelegt. Die letztere aber wird in der Regel durch transgredirende Sedimente bedeckt, d. h. durch horizontale Schichten, welche zunächst aus den Abrasionstrümmern gebildet sind, dann aber auch von Kalksteinen und vielfachem weiterem Gesteinswechsel überlagert werden können. Die Abrasionsfläche kann im Lauf der Zeit mit allen aufgelagerten Schichtgebilden wieder über das Meeresniveau gelangen und das Material zur Herausbildung von Gebirgen, insbesondere von Tafelland, von Erosionsgebirgen und von Bruch- oder Schollengebirgen geben.

Es ist zu bemerken, dass Abrasion in grösserem Maassstab nur an den dem Ocean offen ausgesetzten Küsten stattfinden kann. Greift das Meer durch Lücken in der Küstenumrandung in Hohlformen des Inneren der Festländer ein, so breitet sich das Wasser bei Erhöhung des Meeresstandes oder Sinken des Festlandes ruhig über die Festlandsformen aus, ohne sie wesentlich zu verändern, und die Sedimente setzen sich auf unebener Fläche ab. Man kann sie als ingredirend, die Erscheinung als Ingression bezeichnen. Solche Sedimente verhalten sich dann ähnlich wie diejenigen, welche sich aus grossen Süsswasserbecken niederschlagen.

f. Das Aufsetzen fremdartiger oder parasitischer Massen. — Die bisher genannten Factoren sind die wesentlichen Bildner und Umbildner des Grundbaues und der Gestalten der festen Erdoberfläche. Auf diesen Grundbau können örtlich fremdartige Massen in Gestalt von Bergen oder Hügelland aufgesetzt werden. Hierzu gehören vor Allem die Vulcane und die aus vulcanischen Gesteinen aufgebauten Berge, deren Material durch Canäle aus den Tiefen der Erde heraufdrang und der Erdoberfläche, sei sie Gebirge oder Flachland, in parasitischer Weise aufgesetzt wurde. Vulcane sind überall Fremdlinge. Sie fehlen beinahe gänzlich denjenigen Erdräumen, in welchen innerhalb der jüngsten Perioden ein faltiges Zusammenschieben der Erdrinde stattgefunden hat, sind dagegen oft charakteristisch für solche, in welchen Bruchbildung

und Absinken an geneigten Bruchflächen das leitende Motiv der Gebirgsbildung zuletzt gewesen ist.

Parasitische Gebilde sind auch die Korallenriffe, die jedoch auf den Meeresgrund beschränkt sind.

g. Die Ausbreitung verhüllender Bodendecken über den festen Felsbau. Pflanze, Thier und Mensch leben nicht auf dem starren Gestein, sondern sind auf den lockeren Boden angewiesen, welcher dasselbe zum grössten Theil überzieht und die Ausbildung besonderer Oberflächengestaltungen veranlasst. Man kann unterscheiden: a. den Verwitterungs- oder Eluvialboden, welcher durch Zersetzung und mechanische Zerstörung des Gesteins an Ort und Stelle entsteht, und b. den Aufschüttungsboden, welcher aus der Ablagerung der durch Erosion und Abrasion fortbewegten Zerstörungsproducte hervorgeht. Wind, Gewässer des Festlandes, Gewässer des Meeres und bewegtes Eis sind die Agentien, welche die Umlagerung und Aufschüttung ausführen.

4) Morphologische Grundgestalten.

Der Einblick in den gegenwärtig erschliessbaren Bereich gebirgsbildender und umbildender Vorgänge giebt den Schlüssel, um in das scheinbare Chaos von Oberflächenformen einiges Licht zu bringen. Andererseits ist das verständnissvolle Erfassen der letzteren geeignet, die Untersuchung von vorn herein in solche Bahnen zu leiten, welche zur Auffindung der den einzelnen Erscheinungen des Gebirgsbaues zu Grunde liegenden Ursachen führen können. Ist der Reisende mit den überhaupt vorkommenden Typen von Gebirgen und mit den bei jedem einzelnen besonders stattfindenden Arten der Aeusserung gebirgsbildender Kräfte bekannt, so wird es ihm daher ermöglicht, bei seinen Beobachtungen solche Ziele zu verfolgen, welche ihn zu nutzbringender Arbeit führen können. Von diesem Gesichtspunkt möge es gestattet sein, hier einige theils sachliche, theils theoretische Erörterungen über die noch viel umstrittenen Probleme des Wesens und der Entstehung der Gebirge einzuflechten; es ist dabei zu berücksichtigen, dass sie, wenn auch auf dem heutigen Stand der Kenntniss beruhend, doch mehr oder weniger das Gepräge eines individuellen

Standpunktes tragen, und dass die Erklärungsversuche einer steten Wandlung unterliegen*).

Man kann als die wichtigsten Typen von Gebirgen unterscheiden: 1) die bis in jugendliche Zeit fortgebildeten heteromorphen Faltungsgebirge, welche bogenförmigen Verlauf haben, in der Regel aus einem aus krystallinischen Schiefern aufgebauten Rückgrat, einer äusseren Faltungszone und einer inneren Bruchzone bestehen und mit ihrer Aussenseite meist an tiefe Depressionen des Festlandes oder des Meeresbodens grenzen; sie umziehen in einer continuirlichen Reihe von Bogenlinien den europäisch-asiatischen Continent im Süden und Osten, den australischen weit im Osten, den amerikanischen an seiner westlichen Seite; — 2) die nur durch äussere Agentien abgetragenen, meist als mächtige Ruinen fortbestehenden, in früher Zeit in ihrer Fortbildung erloschenen Faltungsgebirge, welche sich inmitten der Continente erheben; — 3) die grossen starren Schollenländer der Erde, welche einen abgeflachten Charakter haben und diesen in grossen Regionen vollkommen bewahren, während sie in anderen durch Brüche in Blöcke zerlegt sind, welche durch verschiedene Höhe und in Folge des verschiedenen Grades der Zerstörung durch äussere Agentien gewissen Erdräumen einen mannigfaltigen Charakter geben. Regionale Unterschiede werden in ihnen mehr als bei den beiden

*) Mit Meisterhand sind die Formgebilde der Erde nach ihren genetischen Beziehungen in dem klassischen und bahnbrechenden Werk von Eduard Suess „Das Antlitz der Erde" dargestellt. Nach Vollendung desselben wird der Reisende sich dort an erster Stelle Belehrung über den Gebirgsbau jedes Erdraumes verschaffen und zugleich die Literatur für weitergehende Studien über denselben in bewundernswerther Vollständigkeit finden. Viele grundlegende Anschauungen der Gebirgskunde haben in diesem Werk und seinen Vorläufern ihren Ursprung. Wenn die hier folgenden skizzenhaften Erörterungen in mancher Hinsicht von den dort vorgetragenen Anschauungen und ätiologischen Erklärungen abweichen, insbesondere den Hebungen eine ihnen dort nicht zuerkannte Bedeutung eingeräumt wird, so zeugt dies nur von dem Mangel an Sicherheit, welcher noch hinsichtlich einiger der wichtigsten Fragen herrscht. Dagegen möge der Reisende aus der in sachlicher Beziehung stattfindenden Uebereinstimmung entnehmen, welch hohen Werth die exacte Beobachtung von Thatsachen hat, und wie nur die Beibringung weiteren Materials für vergleichende Betrachtung die Grundlage für gesichertere theoretische Schlussfolgerungen zu geben vermag.



anderen Classen dadurch hervorgebracht, dass sie entweder mit ihrem felsigen Bau die Oberfläche bilden, oder von lockeren Deckgebilden in grosser Mächtigkeit und Ausbreitung überzogen sind. — 4) Die parasitischen Bildungen der Vulcane.

a. **Heteromorphe Faltungsgebirge.** Den vornehmsten Gebirgstypus bilden diejenigen Faltungsgebirge, in welchen, wie bei Alpen, Karpathen, Appenninen und Himalaya, die gebirgsbildenden Kräfte bis in jugendliche Zeit fortgewirkt haben; sie geben den Anhalt für weitgehende Erkenntniss, weil in ihnen die Spuren der Kräftewirkungen am wenigsten verwischt sind. Wer Gebirgsbau irgendwo eingehender untersuchen will, dem ist als Vorschule das Studium eines derartigen Gebirges, insbesondere der Alpen, zu empfehlen. Da sich bei ihnen eine Vorderseite und eine Rückseite unterscheiden lassen, die sich in vielen Beziehungen verschieden verhalten, kann man sie als heteromorphe Faltungsgebirge bezeichnen. Einige Bemerkungen über ihren Bau und die daraus als wahrscheinlich sich ergebenden Ursachen ihrer Entstehung mögen im Folgenden kurz zusammengestellt werden.

a. Die grossen, bis in die jüngste Zeit fortgewachsenen Faltungsgebirge sind langgestreckte Gebirgszonen von bogenförmigem Verlauf, der in vollkommenster Weise an dem convexen Aussenrand und in den diesem zunächst liegenden Bergzügen, weniger deutlich in den centralen Zügen, und am wenigsten auf der nur im Allgemeinen als concav zu bezeichnenden Innenseite zur Geltung kommt. Diese drei zusammengehörigen, verschieden gestalteten Zonen sind nicht immer in vollkommener Regelmässigkeit angeordnet oder entwickelt.

b. Die Aussenzone besteht aus gefaltetem Schichtgebirge. Die Faltungen sind meist dicht gedrängt, nach vorn übergeneigt und oft in mehrfacher Folge und in wechselvoller Art gegen den Aussenrand hin, wie durch eine von innen nach aussen pressende Kraft, übereinander geschoben. Dadurch geschieht es, dass man häufig in langen Linien das Aeltere über dem Jüngeren liegen sieht. — In scharfem Gegensatz dazu steht das Vorland, dessen randlicher Theil meist von den Faltungen vollkommen überwallt zu werden scheint und wegen seiner tiefen Herabsenkung und der dadurch veranlassten Bedeckung durch Meerwasser oder Sedimente verborgen bleibt. Wo es in einigem Abstand daraus ansteigt, sieht man Schichtgebilde von gleichem Alter mit den gefalteten des Gebirges, aber in gestreckter Lagerung. Dadurch erscheint das Vorland als ein starrer Theil der Erdrinde, welcher ein festes Widerlager gegen die faltende Kraft bildete. — Zunächst dem Aussenrand bestehen die Faltungen fast durchaus aus den jüngsten der am Gebirgsbau theilnehmenden Schicht-

formationen; je weiter man von denselben gebirgseinwärts nach grösseren Höhen ansteigt, desto mehr kommen im Allgemeinen ältere Gebilde zum Vorschein. Unter den Hohlformen herrscht das aus der Faltung unmittelbar hervorgehende (tektonische) Längsthal, welches von Längsrücken eingeschlossen wird. Die Flüsse streben, wenn nicht ein seitlicher Abbruch des Gebirges ihnen einen Ausgang öffnet, die Aussenzonen auf kürzestem Weg zu durchbrechen, müssen aber meistentheils jedem einzelnen Längsthal, durch welches ihr Lauf führt, auf grössere Erstreckung folgen, bis es ihnen gelingt, durch eine schroff eingeschnittene Querfurche nach dem nächsten gegen den Aussenrand hin folgenden Längsthal zu gelangen und nach mehrfachem derartigem Wechsel von Längs- und Querstrecken das Gebirge zu verlassen. Der Anordnung dieser Thäler im Verhältniss zum äusseren und inneren Gebirgsbau ist eingehende Aufmerksamkeit zuzuwenden. Man sollte dabei auch die kleinsten Wasserläufe und Bodenfurchen beachten.

c. Den gefalteten Aussenzonen fehlen Eruptivgesteine fast ausnahmslos. Dagegen sind Verschiebungen an Brüchen vielfach vorhanden. Da die Bruchflächen senkrecht zu stehen und die Falten rechtwinkelig zu durchsetzen pflegen, und da die Verschiebungen vorwaltend in der Horizontalen geschehen sind, hat ihnen lediglich eine horizontal nach aussen gerichtete Spannung zu Grunde gelegen. An die Stelle solcher „Blattverschiebungen" kann auch eine im Horizontaldurchschnitt *S*-förmig erscheinende, im inneren und äusseren Bau zum Ausdruck kommende Biegung treten.

d. Die gefalteten Schichtgebilde der Aussenzone gehören mindestens zwei grossen, zeitlich geschiedenen Reihen von Meeresablagerungen an, deren tiefste stets auf einer Abrasionsfläche altgefalteter, meist krystallinischer Gesteine zu ruhen scheint. Die ältere Reihe hat in allen Fällen eine ausserordentlich grosse Mächtigkeit, welche in manchen Gebirgen zu mehr als 10000 m geschätzt wird*), und lagerte sich im Meer in wechselnder, aber, wie es scheint, meist nicht sehr bedeutender Entfernung von einer Küste durch eine Reihe geologischer Perioden, unter geringen Störungen, über der angegebenen Unterfläche ab, welche allmählich bis zu mindestens dem vollen Betrag der Mächtigkeit der Schichten unter den Meeresspiegel herabsank. Da auf dem Vorland dieselben Altersstufen durch Sedimente von geringer Mächtigkeit vertreten sind, kann die Region der Senkung und der intensiven Sedimentbildung sich nicht über die Linie des gegenwärtigen Aussenrandes des Gebirges hinaus erstreckt haben, umfasste aber den jetzt von diesem eingenommenen Erdraum in

*) Diese Schätzung lässt sich bei den jugendlichen Faltungsgebirgen kaum ausführen; bei erloschenen und abradirten ist die Berechnung zuweilen möglich; auf solche bezieht sich die angegebene Zahl.



seiner ganzen Ausdehnung und hatte daher ebenfalls die Gestalt einer langestreckten Zone. Aus demselben Grund muss die Unterfläche sich zu einer trogförmigen Gestalt herabgesenkt haben. Der sedimenterfüllte, zonenförmige Trog ist von Dana als eine Geosynklinale bezeichnet worden. Die zweite Reihe der Sedimentbildungen beginnt mit der Zusammenfaltung und theilweisen Emporschiebung und Trockenlegung der ersten. Sie sind meist auf den Aussenrand beschränkt und bestehen grösstentheils aus den durch Zerstörung von Gesteinen der ersten Reihe hervorgegangenen Trümmern. In den verschiedenen Längsabschnitten eines Gebirges fällt die Trennung der beiden Reihen nicht in den gleichen Zeitpunkt. Auch lassen sich zuweilen drei und mehr zeitlich getrennte Reihen von Ablagerungen unterscheiden. Es ist hieraus zu entnehmen, wie wichtig es für die Feststellung der Geschichte eines Gebirges ist, festzustellen, zwischen welchen Zeitgrenzen eine gleichförmige Ablagerung von Schicht auf Schicht über der sich senkenden Unterfläche stattgefunden hat, und in welcher geologischen Epoche die erste durchgreifende Ungleichförmigkeit begann; denn sie bezeichnet den Anfang der Gebirgsaufrichtung.

e. Hinter der aus gefalteten Schichtgesteinen gebildeten Aussenzone, insbesondere hinter den Zügen, welche aus den ältesten derselben bestehen, erhebt sich in der Regel die wesentlich aus krystallinischen Gesteinen gebildete Kernzone und erreicht, wo normale Verhältnisse obwalten, die grösste Gebirgshöhe. In ihr liegen die imposantesten Gipfelketten, und sie bildet im Allgemeinen die Hauptwasserscheide. Zuweilen finden sich in ihr aufgesetzte oder eingefaltete Reste des ältesten Theils derselben Schichtgebilde, welche die Aussenzone zusammensetzen. Sie geben den Beleg dafür, dass einst die gesammte Masse derselben über den Raum, wo jetzt das Kerngebirge ansteigt, sich ausbreitete, und dass die Gesteine der letzteren ehemals dem am tiefsten versenkten Untergrund der Geosynklinale angehörten. Es darf als das Hauptmoment der Deformirung, welche diese erlitten hat, bezeichnet werden, dass die Unterlage durch die gesammte Mächtigkeit der Schichten hindurch emporgeschoben worden ist; alle anderen Vorgänge erscheinen diesem gegenüber als secundär. Der Nachweis von Resten der Trogausfüllung auf der Kernzone ist daher von grosser Bedeutung für die Erkennung der Geschichte eines Gebirges.

f. Die Sonderung einer durch besondere Eigenschaften ausgezeichneten Zone auf der Erdoberfläche, daher die Vorgeschichte des Gebirges, muss spätestens in dem Zeitalter begonnen haben, in welchem die Sedimente sich innerhalb des jetzt von dem Gebirge eingenommenen Raumes anders und mächtiger als in dem Vorland zu entwickeln begannen. Denn während der Untergrund der Schichtbildungen auf diesem (in den der Beobachtung zugänglichen Fällen) nie eine bedeutende Tiefe unter dem Meeresspiegel erreichte, sank er in jener Zone ausserordentlich tief.

Die Ursache des Herabsinkens ist in der Last der immer mächtiger sich anhäufenden Sedimente gesucht worden, kann aber nicht als aufgeklärt gelten; nur die Thatsache lässt sich erkennen. Es gehört zu den bemerkenswerthesten, bei theoretischen Speculationen in erster Linie zu berücksichtigenden Momenten, dass die mächtigsten der heute bestehenden Faltungsgebirge sich an solchen Erdstellen erheben, wo das Herabsinken der Unterfläche der Sedimente seinen grössten Betrag erreichte.

g. Während der Periode der Gebirgserhebung dauerte der Unterschied der beiderlei Regionen fort; aber die Erdrindenbewegung ist nun der vorhergehenden entgegengesetzt; denn während das Vorland auch weiterhin den Charakter einer starren Scholle bewahrt und in schwachen Oscillationen bald eine seichte Meeresbedeckung erfährt, bald Festland bildet, vollzieht sich in dem Raum der Geosynklinale unter faltigem Zusammenschieben der Schichten eine Erhebung weit über das frühere Meeresniveau hinaus, und diejenigen Massen, welche die in grosser Tiefe liegende Unterlage der mächtigen Sedimentreihe bildeten, wurden entlang einer mittleren Zone bis zu solcher Höhe erhoben, dass sie, nach Abtragung der ganzen mit erhobenen Sedimente als Kerngebirge übrigbleibend, die gewaltigsten Kämme bilden, welche selbst nach dieser Erniedrigung noch alles Andere überragen. Es ist wahrscheinlich, dass das relative Ausmaass, um welches die Kernmassen aus den Tiefen emporgedrängt worden sind, in manchen Fällen 10 bis 15 km beträgt. Dies ist das Hauptmoment in der das Wesen der Bildung von Faltengebirgen ausmachenden faltigen Deformirung einer Geosynklinale.

h. Diese Erörterungen leiten dazu, die Ursache der Entstehung der Faltungsgebirge in erster Linie in solchen Vorgängen zu suchen, welche im engsten Zusammenhang mit der vorangehenden Bildung einer Geosynklinale an derselben Stelle stehen. Als die wahrscheinlich wirksamste wurde schon oben (S. 156) die Volumenvermehrung durch Erwärmung bezeichnet. Es ist seit langer Zeit darauf hingewiesen worden, dass bei sehr mächtiger Sedimentbildung die Geoisothermen, d. h. die Flächen gleicher innerer Erdwärme, relativ ansteigen müssen, indem von jeder gegebenen Oberfläche aus eine Temperaturzunahme nach dem Erdinneren, und zwar, soweit die Untersuchungen reichen, im allgemeinen Mittel ungefähr um 3° C. für je 100 m Tiefe, stattfindet. Nimmt man die Temperatur an der Oberfläche der Einfachheit wegen zu 0° an, so wird die Geoisotherme von 1200° ungefähr in 40 km Tiefe, diejenige von 1500° in 50 km Tiefe liegen. Würde ein Erdrindentheil von 1000 km Länge und 300 km Breite um 10 km tiefer versenkt und ihm zur Herstellung der früheren Oberfläche eine 10 km mächtige Gesteinsmasse von 0° aufgesetzt, wie dies bei der Bildung der Geosynklinale in der That, wenn auch allerdings in genetischer Vertheilung durch sehr lange Zeiträume, geschehen ist, so würde die Wärmevertheilung im

Erdinneren eine Störung erleiden. An der Erdoberfläche wäre sie normal, in der Tiefe von 10 km und in jeder darunter befindlichen Tiefenstufe (bis zu einem nicht bestimmungsfähigen Betrag derselben) um 300° zu niedrig. In Folge davon würden sich in benachbarten Erdrindentheilen die Geoisothermen zunächst gegen den in Rede stehenden hin hinabsenken, während sie nachher in diesem und gleichzeitig in den benachbarten so lange aufsteigen würden, bis allenthalben eine normale Temperaturvertheilung erreicht wäre. Jeder Theil der versenkten Masse würde also unterhalb des Bodens der Geosynklinale um 300° C., innerhalb der letzteren um einen nach der Oberfläche allmählich abnehmenden Betrag, erwärmt werden. Damit würde in der oben (S. 156) angedeuteten Weise eine erhebliche Volumenvermehrung verbunden sein, und zwar am bedeutendsten in den tieferen Theilen, geringer innerhalb der mittleren und oberen Tiefe der Geosynklinale selbst*). Wegen der Unmöglichkeit seitlichen Ausweichens bei der grossen Ueberlastung würden die nächsten Folgen der Ausdehnung in inneren Pressungen, faltigen Zusammenschiebungen und einer Anschwellung der gesammten Masse über die frühere Erdoberfläche hinaus bestehen. Die stärkste Zusammmenfaltung würde in den tieferen, die aus der Summirung der dynamischen Vorgänge resultirende stärkste Massenbewegung nach oben hingegen in den höchsten Theilen

*) Berechnungen des Betrages der Volumenvermehrung sind mehrfach versucht worden; doch fehlt es an sicheren Grundlagen dafür. In neuester Zeit hat Mellard Reade in einem bemerkenswerthen Werk, welches mancherlei neue Gesichtspunkte eröffnet (Origin of mountain ranges, London 1887), das zuerst von Dana behandelte Problem der Gebirgsbildung aus Geosynklinalen in Folge eintretender Volumenvermehrung einer wohl argumentirten Betrachtung unterworfen. Nach seinen experimentell gewonnenen Resultaten würde die Ausdehnung der Gesteine bei einer Temperaturerhöhung um 300° C. ungefähr $^1/_{355}$ linear nach jeder Richtung, oder $^1/_{118}$ des cubischen Inhalts betragen; aber die Zahlen sind ungenau, weil die Aenderung des Ausdehnungscoëfficienten durch hohen Druck nicht in Rechnung gezogen werden konnte. — Auch betreffs der Temperaturzunahme nach dem Erdinneren lassen sich nur allgemeine und unsichere Mittel, wie diejenigen deren wir uns oben bedienten, verwenden. Ist dies auch ein erheblicher Mangel, so betrifft er doch nur die besondere Ausführung von Berechnungen; für die allgemeine Argumentirung des Problems genügen die Thatsachen: der Wärmezunahme nach dem Erdinneren, der Ausdehnung der Stoffe durch Erwärmung und der Bildung der Faltungsgebirge aus Geosynklinalen. Eine erhebliche Schwierigkeit für die Erklärung bietet hingegen der Umstand, dass die normale Lagerung der Schichten innerhalb einer Geosynklinale ein Herabsinken der Unterlage ohne wesentliche Störung anzeigt, so dass die Verschiebung der Geoisothermen erst nach lange andauernder Sedimentbildung eingetreten sein müsste.

stattfinden, Die äussersten Schichten würden eine Temperaturzunahme, daher auch eine Volumenvermehrung, nicht erfahren und nur passiv mit bewegt werden. Als Kernpunkt der Erklärung aller stattgehabten Bewegungserscheinungen wurde soeben die ursächliche Begründung der merkwürdigen Thatsache bezeichnet, dass die Unterlage der Geosynklinale fast in jedem grossen heteromorphen Faltungsgebirge zu mindestens Einer hoch aufragenden Centralzone emporgestiegen ist. Es lässt sich vermuthungsweise aussprechen, dass in der Art des Emporsteigens die Heteromorphie begründet sein dürfte; denn die Kerngebirge zeigen zuweilen auf der Vorderseite intensive Einfaltungen von Schichtgesteinen, und dann folgen die Faltungen bis zum Aussenrand. Es scheint daher, als habe sich entlang einer schiefgestellten, nach der Innenseite einfallenden Axenebene der Geosynklinale eine Zone geringsten Widerstandes dargeboten, welcher entlang die intensivste Bewegung aus der Tiefe nach oben, und zugleich in der Richtung nach vorn, stattgefunden habe. Das passive Zusammendrängen der oberflächlichen Schichtgebilde in langen parallelen, zum Theil gegen die Aussenseite hin übereinander geschobenen Falten mag dadurch verursacht worden sein. Es ist von M. Reade mit Recht auf die Analogie dieses Vorganges mit gewissen experimentell nachgewiesenen Erscheinungen hingedeutet worden. Wenn sich nämlich festen Massen, welche unter hohem Druck und hoher Temperatur einen halb oder ganz plastischen Zustand angenommen haben, eine Oeffnung zum Entweichen darbietet, und die an diese angrenzenden Theile den Weg durch sie angetreten haben, giebt sich in der ganzen Masse das Bestreben einer Bewegung gegen die Oeffnung, und zwar zunächst gegen die verlängerte Axe derselben, kund. Bestand die Masse aus flachen, rechtwinklig zur Axe gestellten Scheiben, so entweicht sie durch die Oeffnung in Gestalt concentrischer, von den einzelnen Scheiben stammender Cylinder, so dass der innerste Kern von den entferntesten stammt. Aehnliches konnte in einer Geosynklinale, und vor Allem in dem unter ihr befindlichen Erdrindentheil, in Folge der Temperaturerhöhung und der durch Volumenvermehrung bedingten Erscheinungen von Pressung und Bewegung, eintreten. Denn bald mussten Differenzirungen beginnen, durch welche entlang einer gewissen Linie der Widerstand der Belastung überwunden wurde und ein concentrirtes Empordrängen entlang der ersteren begann. Nach der Analogie jener Experimente würden dann die tiefsten Theile das Bestreben haben, die innersten Kerne der aufwärts getriebenen Massen zu bilden. Als eine Besonderheit der Faltungsgebirge bleibt dann noch die angegebene Stellung der Axenebene mit Rücksicht auf den Aussen- und Innenrand bestehen. — Da noch andere Ursachen, als das Einsenken aufgesetzter Massen von Sedimenten, auf das Fluctuiren der Wärme innerhalb der festen Erdrinde einwirken konnten, so dürfte die Bewegung der Geoisothermen nicht eine gleichmässig nach derselben Richtung fortschreitende, sondern vielmehr eine oscillirende gewesen sein.

Die Volumenverminderung bei dem jedesmaligen Rückschreiten konnte die Wirkung der vorhergegangenen Volumenvermehrung auf die Gebirgserhebung nicht aufheben, aber ihr Ausmaass vermindern. Jede neue Wärmezufuhr hingegen würde die auf die Ausgestaltung des Gebirges gerichteten Bewegungen im Sinn der frühern fortgesetzt und die Summe von Erhebung und Faltung vermehrt haben.

i. Die Innenzone der Faltungsgebirge zeigt Erscheinungen, welche von denen der Aussenseite weit abweichen. Den Hauptantheil am Gebirgsbau haben zwar hier im Wesentlichen dieselben Formationen, welche dort die Hauptreihe der Schichtgebilde zusammensetzen; doch sind sie meist etwas abweichend und weniger mächtig entwickelt. Auch hier sind sie hoch über ihr früheres Niveau erhoben; aber sie erscheinen wie in ihrer Gesammtheit aufwärts bewegt. Jüngere Faltungen spielen in der Regel eine untergeordnete und örtlich beschränkte Rolle. Die Lagerung ist wesentlich in gebrochenen Tafeln, und diese sind durch Absinken an geneigten Bruchflächen vertical, grossentheils bei gleichzeitiger Raumerweiterung, gegen einander verschoben. Es ist als ob während oder nach der Emporhebung Zerrungen und Streckungen der Schichtgebilde und in weiterer Folge ein partielles Zurücksinken stattgefunden hätten. Häufig öffnen sich Wege für Eruptivgesteine, und in vielen Fällen endigt das Gebirge an seinem innersten Rand mit einer tiefen Versenkung. Mit Ausnahme einiger oft sehr grosser, durch Verwerfung gebildeter Längsthäler, herrschen Thäler, welche quer zum Streichen des Gebirges gerichtet sind, aber vielfache Unregelmässigkeiten zeigen und besonders durch Verwerfungen abgelenkt werden. Die Erscheinungen bieten eine grosse Mannigfaltigkeit dar. Während im nordwestlichen Himalaya, wo die gebrochenen Schichtgebilde der Rückseite in sehr grossen Meereshöhen liegen, die Verhältnisse ein ziemlich einfaches Bild zu gewähren scheinen, ändern sie sich in den Alpen erheblich in der Richtung von West nach Ost und werden in den Karpathen sehr verwickelt. Dazu kommt, dass an der Rückseite beider Gebirge Ausbrüche von Eruptivgesteinen schon in der Zeit, in welcher der Beginn des Herabsinkens der Geosynklinale gesetzt werden muss (Perm und Trias), in bedeutendem Maass stattgefunden haben. Auch in den Appenninen bieten die Verhältnisse der Rückseite manche Complicationen.

k. Die Erscheinungen an den Innenseiten der Faltungsgebirge lassen sich kaum ohne die Annahme besonderer Vorgänge erklären, welche einerseits mit der Art des Aufsteigens des Kerngebirges und der rückwärts von ihm gelegenen Theile der Geosynklinale, andererseits mit einem nach der Emporhebung erfolgten Schrumpfen der in den Tiefen befindlichen Massen zusammenhängen. Die Contraction würde ein mit Zerrung und Bruch verbundenes Herabsinken der vorher gehobenen Schichtgebilde zur Folge haben. Da es sich aber um feste, nur in

grossen Tiefen unter hohem Druck einer plastischen Umformung fähige Massen handelt, und da die Zusammenziehung nach allen Richtungen erfolgen muss, würden sich stellenweise offene Wege von innen heraus gegen die Oberfläche darbieten, welche vielleicht eine Erklärung für das Empordringen der Eruptivgesteine zu geben vermögen. Das Herabgehen der Geoisothermen würde eine ausreichende Begründung der genannten Erscheinungen darbieten; und dieser Vorgang erscheint als ein selbstverständliches Postulat der Abtragung der gesammten Sedimentdecke von dem Kerngebirge und eines Theils derselben von der Innenzone. Dasselbe gilt nicht in gleicher Weise von der Aussenzone, wo die äusserste Erdrinde durch Zusammenfaltung eine Verdickung erlitten hat.

Es dürfte hiernach klar sein, welche Ziele die Beobachtungen des Reisenden, welcher ein Faltungsgebirge zu studiren Gelegenheit hat, zu verfolgen haben. Es kommt darauf an, in möglichst vielen Querschnitten den Bau des Gebirges, die Altersstufen, den Gesteinscharakter und die Mächtigkeit der darin auftretenden Formationen, die Lagerungsverhältnisse derselben auf der Aussenseite und auf der Innenseite, ihre Beziehungen zu dem Kerngebirge, die beiderseitigen Unterschiede in Berggestalten und Hohlformen, das Auftreten der Eruptivgesteine, die grossen Bruchbildungen und Senkungen auf der Rückseite und vieles Andere kennen zu lernen und durch möglichst exacte Plan- und Profilzeichnung darzustellen. Dazu kommt das Verhältniss des Gebirges zu seinem Vorland und zu den der Innenseite sich anschliessenden Erdräumen.

b. **Erloschene Faltungsgebirge.** — Es giebt Faltungsgebirge, in denen die faltende Kraft in früheren Zeitaltern der Erdgeschichte erloschen ist, die auf der Ausbildung tektonischer Kämme und Längsthäler beruhende äussere Structur der Faltungsgebirge aber erhalten ist, während auch deren innere Architektonik überall klar ersichtlich ist. Solche Gebirge sind seit dem Erlöschen der Faltung nicht mehr (oder nur in einzelnen Theilen) vom Meer bedeckt, vor Allem nicht in ihrer Gesammtheit durch dessen Brandungswelle zerstört worden, sondern waren wesentlich der Einwirkung der von aussen arbeitenden Agentien ausgesetzt. Entgegen der Grundform der jüngeren Faltungsgebirge sind sie in der Regel geradgestreckt. Grosse, mit bedeutenden Absenkungen verbundene Längsbrüche sind bei ihnen eine häufige Erscheinung. Solche Gebirge, soweit sie aufragen, können als erloschene

Faltungsgebirge bezeichnet werden. Zu ihnen gehören die Appallachischen Gebirge und der Ural, welche das gemeinsame Merkmal haben, dass die Rückseite in Gestalt einer breiten Abrasionsfläche geglättet ist, ferner der Tiën-schan. Sie bilden ferner die älteren Glieder gewaltiger Gebirgscomplexe, die nach einer Seite mit einem jüngeren Faltungsgebirge endigen. So erscheinen die Ketten des westlichen und mittleren Kwenlun als uralte, von weitgestreckten Längsverwerfungen durchsetzte und von ihnen stellenweise in mehrere parallele Züge getrennte Faltungsgebirge, in denen die faltenden Bewegungen nach der Carbonzeit ihr Ende erreichten, während die weiter nach Süden folgenden, zum Theil unter den Namen Muztagh oder Karakorum bekannten Züge, denen sich die analog gestellten, in Tibet gelegenen Züge anschliessen mögen, in einer zweiten Faltungsperiode gebildet zu sein scheinen, und der Himalaya bis in die jüngste Zeit innere Bewegungen erfahren hat. Es würde hier ein Fortschreiten der Gebirgsbildung von innen nach aussen stattgefunden haben, die älteren Züge würden als erloschene Faltungsgebirge zweier aufeinanderfolgender Zeitalter in Ruinen anfragen, und der Himalaya das jüngste Glied der Reihe sein. Ein derartiges periodisches Vorrücken der Geosynklinalen und der aus ihnen erwachsenden Gebirge gegen den Ocean hin, in welchem jene mit mächtigen Sedimenten erfüllt werden, ist schon vor langer Zeit von Dana angenommen worden. Jede erloschene Zone würde durch äussere Abtragung und relatives Hinabgehen der Geoisothermen eine Region des Zusammenbruches werden, der sich innerhalb alter Faltungszonen vorwaltend an Längsbrüchen vollzieht. Diese Anschauung bedarf jedoch eingehendster Prüfung. Die tibetische Gebirgswelt im weitesten Sinn, dann der Hindukusch mit den angrenzenden Theilen von Afghanistan versprechen insbesondere Aufschluss in diesen Fragen.

Ueberhaupt bietet Asien ein grosses Feld für Untersuchungen über Gebirgsbau. So ist das südöstliche China von einer grossen Zahl parallel gefalteter Gebirgsrücken, unter denen sich ein Kerngebirge nicht erkennen lässt, durchzogen. Auch sie sind längst-erloschene Faltungsgebirge, welche einer Zerstörung durch das Meer nicht unterlegen sind, und können als homöomorph bezeichnet werden, insofern eine Heteromorphie in dem oben gedachten Sinne nicht nachweisbar ist.

c. **Die grossen Schollenländer der Erde.** — Es ist oben (S. 159) auf das mächtige Agens der bei positiver Strandverschiebung abradirend wirkenden Brandungswelle hingewiesen worden. Sie strebt die Gebirge unterhalb ihrer tiefsten Thalsohlen hinwegzuschleifen und an ihrer Stelle eine gleichförmige, allmählich ansteigende Fläche zu schaffen, die aber in der Regel sofort mit den in Schichten abgelagerten Producten dieser Zerstörung transgredirend bedeckt wird. Bei vollkommener Wirkung würde die Fläche hartes und weiches Gestein ebenmässig durchziehen. Doch wird diese Entwickelung wegen der Ungleichmässigkeit und des oscillirenden Charakters der Strandverschiebungen und wegen der Härteunterschiede der Gesteine nie ganz, wenn auch zuweilen in erstaunlichem Grad, erreicht. Damit wird der innerste Kern der Faltungsgebirge blossgelegt. Die Abrasionsfläche aber sinkt, während ihres Anwachsens auf Kosten der Gebirge des Festlandes, langsam in das Meer hinab. Wird dann in einer späteren Periode die Verschiebung der Strandlinie in das Gegentheil verkehrt, d. h. sinkt der Meeresspiegel oder steigt der Meeresboden, so wird zunächst die Decke der transgredirenden Sedimente trocken gelegt und erscheint als Tafelland. Dies ist (mit einzelnen Ausnahmen) die ursprüngliche Erscheinungsform aller Schollenländer. Sie soll aber erst an zweiter Stelle besprochen werden, weil das Wesen der Tafelländer sich nur aus der Structur ihres Untergrundes vollkommen erkennen lässt. Schliesst sich das trockengelegte Gebiet einer Küste an, so folgen die von letzterer kommenden fertig gebildeten Ströme dem Rückzug des Meeres; taucht der Meeresgrund mitten aus dem Ocean auf, so fliesst vom ersten Beginn der Landbildung, und dann, den weiteren Stufen seiner Vergrösserung folgend, das niederfallende Wasser in der Richtung des Gefälles ab. In beiden Fällen ist dieselbe in der Regel nahezu rechtwinkelig zu dem Schichtenstreichen und der ehemaligen Axe des abradirten Gebirges. Die Grundform der Thalbildung wird daher durch Canäle bestimmt, welche, so wie sie die auflagernden Sedimente durchschnitten haben, als Querthäler im Verhältniss zu den Faltungen des abgeschliffenen Grundgebirges erscheinen. Fehlen die Sedimente, was zuweilen, wahrscheinlich in Folge der Fortführung durch Meeresströmungen, der Fall ist, so bilden sich diese Thäler unmittelbar auf dem festen Felsgerüst; sind jene vorhanden, so können sie, wenn eine hin-

reichende relative Höhenlage im Verhältniss zu benachbarten Landstrichen erreicht ist, durch Denudation entfernt werden. Es bleibt dann die kahle Abrasionsfläche, vielleicht hier und da mit Resten der Auflagerung bedeckt, zurück. Die weitere Entwickelung besteht darin, dass von den sich tiefer eingrabenden Querfurchen aus das Einschneiden secundärer Längsfurchen in die Faltensättel, als die am meisten gelockerten Theile des Felsbaues, beginnt und von unten nach oben fortschreitet. Durch fortgesetzte Arbeit kann die Abrasionsfläche in ein Erosionsgebirge verwandelt werden. Man hat zuweilen Gelegenheit, in einem aus krystallinischen Schiefern oder gegefalteten Sedimentgesteinen zusammengesetzten Gebirgsland von einem Höhenpunkte aus zu sehen, dass alle Kämme in einer gleichmässigen Fläche liegen. Eine solche Fläche kann allein in der Abrasion ihren Ursprung haben.

Ein abradirter Erdrindentheil ist, wegen der Abtragung von Massen, dem Herabgehen der Geoisothermen, daher der Volumenverminderung in den Tiefen, der Bildung grosser Brüche und dem Absinken von Schollen an den Bruchflächen, in weiterer Folge auch, unter besonderen Umständen, dem Heraufdringen von Eruptivgesteinen ausgesetzt. Es ist also eine wichtige Classe von Motiven zur Gebirgsbildung schon während der Versenkung unter den Meeresspiegel und nach der Trockenlegung vorhanden. Es entstehen durch blockförmige Zerlegung der Scholle die oben (S. 158) genannten Formen von Bruch- oder Schollengebirgen, oft mit staffelförmiger Verwerfung, oder von Horstgebirgen, wenn letztere nach zwei oder mehr entgegengesetzten Seiten erfolgte. Liegen die Sedimentgesteine noch oben auf, so kann man von Tafelschollen und Tafelhorsten sprechen. Sind sie überhaupt nicht vorhanden gewesen, oder sind sie durch Denudation entfernt worden, so entstehen Abrasions- oder Rumpfgebirge, und zwar entweder Rumpfschollen oder Rumpfhorste. Es ist zu beachten, dass alle derartigen Gebirge, ganz unabhängig von ihrer orographischen Bedeutung, nur örtliche Modificationen der grossen Schollenländer sind, deren Wesen darin besteht, dass sie ein intensives faltiges Zusammenschieben weiterhin nicht erlitten, sondern sich seit der Bedeckung mit transgredirenden Sedimenten starr verhalten haben.

Diese Gebirge spielen in grossen Erdräumen die hervorragendste Rolle. Ihre fortschreitende, wegen der meist zahllosen Verwerfungen sehr schwierige Untersuchung führt zu der Erkenntniss, dass in verschiedenen Perioden der Erdgeschichte langgestreckte heteromorphe Faltungsgebirge an Stellen mächtiger, in Geosynklinalen geschehener Sedimentbildung entstanden sind, und zwar, wie es scheint, in um so umfassenderem Maass, je weiter man in der Zeit hinaufschreitet; dass aber die faltende Kraft bei manchen von ihnen in dem archaischen, bei anderen in dem silurischen, bei anderen in verschiedenen nachfolgenden Zeitaltern erloschen ist; und dass das verhältnissmässig seltene Vorkommen hoch aufragender erloschener, oder bis in die jüngste Zeit fortgewachsener Faltungsgebirge eine Folge der ebenso in einzelnen Perioden (den Zeitaltern der grossen Transgressionen) über grosse Erdräume geschehenen Abrasion ist. Das nordwestliche Europa giebt hiervon die beredteste Kunde. Hier ragen Rumpfgebirge in grosser Zahl zu geringen Höhen auf; in den zwischen ihnen gelegenen, relativ eingesenkten Theilen der Erdoberfläche haben die denudirenden Agentien zur Entfernung der Sedimenthülle nicht hingereicht, dann ist diese aber ebenfalls durch Verwerfungen in einzelne Blöcke zerlegt. In langen Linien ziehen durch das ganze Gebiet die Zonen, in welchen Ausbruchsgesteine nach der Oberfläche kamen.

Die schottischen Hügelländer sind ein Rumpfgebirge, in dessen Masse eine cambrisch-silurische Geosynklinale mit einer angenommenen Schichtenmächtigkeit von ungefähr 40 000 Fuss zwischen archaischen Kernzügen mit Druckrichtung gegen Nordwest eingefaltet ist. Die Abrasion geschah im devonischen Zeitalter, dessen nicht gefaltete transgredirende Schichten von der seit jener Zeit eingetretenen Starrheit Kunde geben. Sie sind nebst den darüber lagernden Steinkohlenschichten durch grabenförmige Versenkungen stellenweise zwischen die glatten Rümpfe eingekeilt und verdanken diesem Umstand ihre sporadische Erhaltung. Das Rheinische Schiefergebirge ist aus den ebenfalls gegen Nordwest überfalteten silurischen und devonischen Schichten einer überaus mächtigen Geosynklinale aufgebaut. Die Schichten der Steinkohlenformation sind auf der Vorderseite noch ein wenig gefaltet, auf der Rückseite liegen sie flach ausgebreitet. Abrasionen haben wiederholt stattgefunden und dem Gebirge seine abgeflachte Gestalt gegeben. Auch hier sind transgredirende Schichten hier und da durch Einkeilung in Folge grabenartiger Versenkungen erhalten. Auf Grund sorgfältiger Beobachtung ist die ehemalige Höhe des durch Denudation und Abrasion entfernten Gebirges an der zu Belgien gehörigen Vorderkante zu ungefähr

20000 Fuss über dem jetzt noch vorhandenen Rumpf berechnet worden. Seit der Carbonzeit ist in diesem Erdraum Starrheit eingetreten. — Zu den Rumpfgebirgen dürften im nordwestlichen Europa ferner gehören: Das asturisch-cantabrische Gebirge, das „Centralplateau“ von Frankreich, die Hügelländer der Bretagne, diejenigen, welche sich allseitig um Irland erheben und die westlichen Gebirgsvorsprünge von England bilden, die Hauptmasse der skandinavischen Halbinsel, der Harz, das Erzgebirge, die Sudeten, das bayerisch-böhmische Gebirge, Schwarzwald und Vogesen. Alle diese stellen den abradirten Grundbau ehemaliger Faltungsgebirge dar. Ihre Erhebung über die Umgebungen, daher ihre Natur als aufragende Gebirge, verdanken sie wahrscheinlich zum Theil einem Aufsteigen, in noch ausgedehnterem Maass aber den an Brüchen geschehenen Versenkungen ihrer Umgebung. Theils haben sie den Charakter von Horsten, theils erscheinen sie als einseitig geneigte und nach der anderen Seite mit steilem Bruchrand abfallende Schollen, und einige von ihnen, wie Schwarzwald und Vogesen, tragen noch auf ihren Flanken die Decke der transgredirenden Sedimente. Durch die Bruchbildung und die damit verbundenen verticalen Verschiebungen entstanden neue Wasserscheiden. Insoweit nicht weite, langgestreckte und gewöhnlich dem Schichtenstreichen folgende, durch Absenkung entstandene Hohlformen (z. B. im Südosten des Erzgebirges und im bayerisch-böhmischen Waldgebirge) Sammelrinnen für die Gewässer darbieten, sind alle Thäler reine Erosionsbildungen, und das Querthal ist die primäre Form; die Faltung übt nur noch secundären Einfluss auf die Anlage der Furchen für den Abzug der Gewässer. — Wer sich an heimischen Beispielen den Blick für die Beobachtung in anderen Ländern schärfen will, wird in dem hervorragenden Werk von Prof. A. Penck „Das deutsche Reich“ (in Band II des Werkes „Unser Wissen von der Erde“) reiche Belehrung und eine allgemeine Grundlage gewinnen, um sich an der Hand speciellerer Literatur dem Studium eines oder des andern Gebirgstheiles zuzuwenden.

In anderen Erdtheilen spielen in Schollen zerlegte Abrasionsflächen und Rumpfgebirge eine nicht minder bedeutende Rolle. Die westlichen und östlichen Randgebirge der Südhälfte von Afrika, die in der Nordhälfte desselben Continentes ausserhalb des Atlasgebietes aus den Tafellandgebilden aufragenden Gebirge von gefaltetem Gestein, der Altai und die ostsibirischen Gebirgsländer, sowie die ganze Osthälfte von Süd-Amerika und die Gebirge des australischen Continentes sind von diesem Gesichtspunkt zu untersuchen.

Diejenige Modification der Schollenländer, welche den ursprünglichen Charakter am reinsten bewahrt hat, sind **die Tafelländer,** insoweit sie auf Transgression beruhen und

weite Erdräume einnehmen. Wie man den einer steilen Felsküste vorliegenden Sandstrand erst dann richtig beurtheilt, wenn man sich bewusst ist, dass die losen beweglichen Massen eine Abrasionsfläche verhüllen, so wird auch das Wesen der grossen regionalen Tafelländer erst klar, wenn man die sie zusammensetzenden Gebilde als deckenartige Auflagerungen auffasst, welche mit seltenen Ausnahmen auf Abrasionsschollen und Rumpfgebirgen ruhen dürften. Es giebt andere Tafelländer, von denen dies nicht gilt; dieselben sollen hier mit berücksichtigt werden, da sie, gleich denen der ersten Art, Zeugniss geben, dass seit ihrer Bildung faltende Erdrindenbewegungen innerhalb ihres Bereiches sich nicht zugetragen haben.

Mit dem Namen „Tafelland“ sollte man nicht, wie es oft geschieht, hochgelegene Erdräume von nicht durchaus gebirgigem Charakter, ebensowenig eine muldenförmige Hochfläche bezeichnen, sondern ihn auf diejenigen Fälle beschränken, wo die Gestalt der Oberfläche durch den Aufbau ihres Untergrundes aus nahezu horizontal, d. i. tafelartig gelagerten festen Gesteinen bestimmt wird, und dieser Tafelbau durch nachträglich hervorgebrachte Unebenheiten, insbesondere eingefurchte Thäler, deutlich hervortritt. Je nachdem Sedimentgesteine oder oberflächlich ausgebreitete Eruptivgesteine (gewöhnlich Basalt oder Dolerit, seltener Porphyr oder Diabas) den tafelartigen Charakter der Oberfläche bedingen, kann man Schichtungstafelland und Uebergusstafelland unterscheiden. Das Schichtungstafelland erscheint in zwei verschiedenen Gestalten, je nachdem es auf Transgression in der bereits beschriebenen Weise beruht, oder durch Sedimentabsatz aus ingredirendem Meer (S. 160) oder Inlandbecken entstanden ist. In letzterem Fall bezeichnen wir es als Beckentafelland, im ersteren als Transgressionstafelland.

Das Beckentafelland erfüllt kleine und grosse abgeschlossene Becken im Inneren der Festländer; die Schichten, welche es zusammensetzen, können auf durchaus unebener Unterfläche ruhen. Das Becken ist zuweilen ganz in Gebirgsland eingesenkt, wie bei den grossen Beispielen des „rothen Beckens“ im westlichen China und des das Innere von Siebenbürgen einnehmenden Beckens. Finden die Flüsse einen tiefen Ausweg, wie in diesen beiden Fällen, so kann das Tafelland nach und

nach ganz in Erosionshügelland aufgelöst werden. Kleinere Beispiele sind zahlreich.

Transgressionstafelland erstreckt sich oft ohne Unterbrechung über grosse Erdräume, wie in Nordost-Afrika und Syrien; häufig jedoch sind, wie in Brasilien und Guyana, nur noch sporadische Ueberreste davon vorhanden. Ausser der Gestalt der Oberfläche, die durch Verwerfungen und Zerlegung in Blöcke von verschiedener Höhenlage den Charakter der Ebenflächigkeit ganz verlieren kann, giebt die Art der Umgrenzungen ein wesentliches Moment zu morphographischer Bestimmung. Einige Tafelländer erhalten ihren Wasserzufluss wesentlich von einem einseitig aufsteigenden Gebirge (Colorado-Tafelland, Llano estacado, ostägyptische Wüste). Andere, wie die Tafelländer des südlichen Afrika, werden auf mehreren Seiten von flachen Bodenschwellen überragt; dann schliessen die Sedimente zuweilen nach oben, also der Zeit nach, mit Süsswassergebilden ab. Manches Tafelland stürzt, wie abgebrochen, steil auf tieferes Land ab; der Uebergang kann aber auch durch eine grosse Flexur vermittelt werden. Häufig findet man eine Aufbiegung der Schichten gegen den Rand hin, so dass eine dem letzteren parallele, zuweilen durch Staffelbrüche in mehrere, sich allmählich abstufende Höhenzüge getheilte Anschwellung entsteht. Von Interesse ist in diesem Fall das Verhalten der Flüsse, besonders wenn sie die randliche Anschwellung zu durchbrechen vermocht haben.

Das Wesen des Uebergusstafellandes beruht darin, dass viele Eruptivgesteine der Tertiärzeit ungemein leichtflüssige Massen gewesen sind, welche sich in Gestalt vollkommen ebenflächiger Tafeln auszubreiten vermochten. War der Untergrund uneben, so füllten sie dessen Hohlformen aus, während die erhabeneren Theile (wie am Südrand der Mongolei gegen China) inselförmig aus den Gesteinstafeln aufragen. Nicht selten findet man Schichtungstafelland durch eine Decke von Eruptivgesteinen überlagert, so dass diese den Oberflächencharakter bestimmt. Wo solche Decken in grösserer Zahl übereinander geschichtet sind, sollte man beachten, ob sie durch Tuffabsätze oder andere Sedimente von einander getrennt werden, und ob sich in diesen Reste von Land-, Süsswasser- oder Meeresbewohnern finden. Abgesehen von der Feststellung des geo-

logischen Alters kann man Aufschluss über die Dauer der zwischen der Bildung zweier Decken verflossenen Zeit gewinnen.

Unter den mancherlei Gesichtspunkten der Beobachtung möge derjenige hervorgehoben werden, welcher sich auf die Unebenheiten der Tafelländer bezieht. Wo das Wasser Erosionsfurchen gegraben hat, zeigen diese meist eine scheinbar regellose Anordnung; doch ist im einzelnen Fall zu beobachten, ob nicht zuweilen die kleineren unter ihnen durch Kluftrichtungen, die in zwei oder mehr parallelen Systemen angeordnet zu sein pflegen, beeinflusst werden. Die Tiefe der Furchen richtet sich nach dem relativen Niveau der Stellen, wo die Gewässer das Tafelland verlassen, nach der Länge der Zeit in welcher die Erosion geschah, nach der Wassermasse, welche früher grösser oder geringer als die gegenwärtige gewesen sein kann, und nach der Härte der Gesteine. Wird ein Tafelland bei trockenem Klima von einem grösseren Strom durchzogen, so erhalten die Furchen eine scharfe, steilwandige Gestalt (Colorado-Tafelland); denselben Einfluss übt auch bei Regenreichthum senkrechte Zerklüftung und gleichbleibender Charakter des Gesteins in verticalem Sinn (Sächsische Schweiz). Gewöhnlich aber verbreitern sich die Furchen im Querschnitt nach oben, indem durch atmosphärische Einflüsse die Seiten abgetragen werden. Diese Stellen und die Abfälle nach aussen dienen am besten zur Beobachtung des Schichtenaufbaues. Fortschreitende Erosion bringt zweierlei Wirkungen hervor. Sind die tieferen Schichten weich und leicht zerstörbar, die oberen hingegen hart, so werden die Furchen sehr breit und haben einen ebenen Boden, während die Abfälle ausserordentlich steil sind. Zuletzt bleiben nur noch einzelne oft sehr grosse und weit von einander getrennte Tafeln oder Schollen als Fragmente übrig. Wenn aber umgekehrt die unteren Schichten härter sind als die oberen, oder wenn, was in der Regel der Fall ist, ein vielfacher Härtewechsel der Gesteine stattfindet, so fallen von den oberen Theilen aus die Gehänge in Terrassen nach den in der Tiefe engen Schluchten ab. Zuletzt bewahren nur noch einzelne Rücken die ursprüngliche Höhe. Von ihnen aus erkennt man noch, wie einst eine ebene Fläche sie verband. Die einzelnen Gehängeterrassen sind von sehr verschiedener Höhe und können entweder durch steile Böschungen, oder durch breite, an die Stelle der weicheren

Schichten tretende Verebnungen von einander getrennt sein; sie umziehen mäandrisch das Hauptthal und alle Verzweigungen der seitlich in dasselbe mündenden Thäler und Schluchten.

Schwieriger sind in Tafelländern diejenigen Unterbrechungen der Ebenflächigkeit zu erkennen, welche auf Bruch und Verwerfung beruhen; sie bieten stets Interesse in Hinsicht auf den Wasserabfluss und sind oft von Wichtigkeit für die Lage der Ansiedelungen, welche sich gern an den Fuss der langgestreckten Mauern halten, in denen die höhere Staffel gegen die tiefere abbricht. Auch gewinnen sie erhebliche Bedeutung in solchen Tafelländern, deren Schichtgebilde Steinkohlenflöze einschliessen.

Diejenigen Theile der Oberfläche der Tafelländer, welche durch unverritzte horizontale Schichten gebildet werden, verbergen sich in feuchten Ländern unter einer vegetationsbedeckten Bodenlage. Dagegen bieten sie in trockenen Gegenden manchen Stoff für Beobachtung, insbesondere über Zerstörung des Gesteins durch den Wechsel von starker Insolation und Abkühlung, über die fegende und schleifende Wirkung des Windes, über Erscheinungen der trockenen Verwitterung und Erosion; denn selbst wo hin und wieder Regen niederfällt, ist dem Wasser auf ebenem Felsboden nur geringe mechanische Wirkung gewährt.

d. **Die Hohlformen und das Schwemmland.** — Auf die Gestalt, den Felsbau, die Entstehung und die Ausfüllung der Hohlformen der Festländer ist überall die Aufmerksamkeit zu richten, da es noch sehr an Materialien zu vergleichender Erkenntniss fehlt. Einige Winke zu Beobachtungen sind, ausser im gegenwärtigen Abschnitt, in demjenigen über die Thätigkeit der von aussen wirkenden Agentien gegeben. Hohlformen sind, was ihren Ursprung betrifft, entweder *tektonisch*, d. h. Nebenerscheinungen bei den auf innerer Deformirung der äusseren Erdrinde beruhenden Vorgängen der Gebirgsbildung, oder sie entstehen durch *Erosion* allein; doch hat letztere stets einen secundären Antheil bei der Ausgestaltung der Hohlformen der ersten Kategorie. Sind sie in gefaltetes Gebirge eingesenkt, so unterscheidet man *Längsthäler* und *Querthäler*, je nach der Beziehung zum Schichtenstreichen; auch wohl noch einen Zwischentypus der *Diagonalthäler*. Diese Eintheilung ist unabhängig von der Entstehungsart. Die wichtigere Classe für

die Gestaltung im Grossen ist diejenige der tektonischen Hohlformen. In den Aussenzonen der heteromorphen Faltungsgebirge werden sie wesentlich durch Faltung und Ueberschiebung hervorgebracht. Ein bedeutenderes Motiv ist die Verticalverschiebung (Absenkung des einen oder Ansteigen des anderen Flügels) an Bruchflächen. Darauf scheinen in der Regel die langgestreckten weiten Hohlformen zu beruhen, welche grosse, parallele Gebirgszüge von einander trennen; sie liegt stets denjenigen zu Grunde, welche die steile Bruchseite schief gestellter Schollen begleiten, ebenso den Grabensenkungen, und vielleicht der Mehrzahl der grossen, im Inneren der Continente gelegenen Landsenken. — Die Ausgestaltung der Hohlformen im Kleinen und Einzelnen vollzieht sich wesentlich durch Erosion. Bei den durch sie geschaffenen Thal- und Furchengebilden kommt es darauf an, den Antheil zu bestimmen, welcher dem ursprünglichen Gefälle, der verschiedenen Art der Gesteine, der räumlichen Aufeinanderfolge derselben, ihrer Zusammenfügung im Gebirgsbau, den kleinen oder grossen Zerreisungen und Verschiebungen, welche sie erfahren haben, den seit der ersten Anlage des Wasserabflusses eingetretenen geologischen Vorgängen, den klimatischen Wandelungen, der wechselnden Einwirkung von Wasser und Eis, der Vegetation und manchen anderen Umständen zukommt.

Ueber die Art und Weise, wie der Boden der Hohlformen mit Sedimenten bedeckt wird, wird in einem anderen Abschnitt die Rede sein. Die Formen, welche dadurch hervorgerufen werden, sind theils lange und flache, oft für das Auge kaum merkliche Abdachungen, theils wirkliche Verebnungen. Im Kleinen unterbrechen sie vielfach die Unebenheiten der Erdoberfläche, doch gewinnen sie auch eine hohe regionale Bedeutung. Es gehört hierher das marine Schwemmland, welches von dem Meer zurückgelassen wird, wenn es sich von seichten Gründen zurückzieht, ferner das Schwemmland der Ströme, welches sich besonders dort bildet, wo diese ihre Deltas stetig weiter vorschieben können, sei es, dass ihnen dieses durch bedeutenden Sedimenttransport gegen die Küste ermöglicht und durch gleichzeitigen Rückzug des Meeres erleichtert werde, sei es, dass das eine weite Senke erfüllende Wasser allmählich durch Ablagerungen verdrängt werde; auch das langsame Sinken des Landes in einem Theil eines Flusslaufes kann durch Stauung

der Gewässer zur Ausbildung ausgedehnter Alluvialflächen führen. Es gehören aber auch hierher die glacisartigen Abdachungen gröberer Trümmermassen, welche oft in breiter Zone den Fuss eines Gebirges begleiten und den die Gewässer des letzteren aufnehmenden Strom weit abdrängen, wie es z. B. bei Donau, Po und Ganges der Fall ist. — Eine Decke anderer Art, welche sich gleichmässig über festes Gestein und Schwemmland ausbreiten, oder in Wechselbeziehung mit letzterem treten kann, ist das Gletscherschuttland. — Noch andere Aufschüttungsdecken, welche den Boden weithin verhüllen können, sind äolischen Ursprungs. Von allen diesen wird in späteren Abschnitten die Rede sein.

Die Verbreitung des Decklandes ist von der Meereshöhe nicht direct abhängig; doch sind ihr die tiefen Lagen weitaus am günstigsten.

e. **Die Ausbruchsgebirge.** — Die Erzeugnisse des Vulcanismus sind hinsichtlich ihres Auftretens oben als parasitisch bezeichnet worden. Sie können über Felsgesteine oder über Schwemmland ausgebreitet sein und weithin die Unterlage so vollständig verhüllen, dass diese selbst in so grossen Erdräumen, wie Island und Java, kaum zu Tage tritt. In anderen Fällen beschränken sie sich auf ein sehr geringes Maass räumlicher Ausbreitung. Ueberall aber, wo sie auftreten, bilden sie Gebirge von besonderem Charakter; als solche sind sie anderen Gebirgen aufgesetzt, wie in den Anden oder im Kaukasus, oder sie begleiten dieselben, oder treten fern von ihnen auf. In einem späteren Abschnitt werden sie eingehender erörtert werden.

C. Einzelfälle der Beobachtung.

Aus der Darstellung über Zweck und Ziele der Beobachtung ist es klar, dass die letztere zu ihrem Gegenstand einerseits den festen Grundbau der Erdoberfläche mit Rücksicht auf Gestalt, Zusammensetzung und innere Structur hat, andererseits die äusserlich umgestaltenden Vorgänge in ihrem Wesen und in ihren Wirkungen.

I. Untersuchungen über den festen Grundbau der Erdoberfläche.

1) Beobachtungen an den Sedimentgesteinen oder dem Flözgebirge.

Den nur verhärteten aber nicht metamorphorisirten Sedimentgesteinen hat der Reisende am häufigsten zu begegnen Gelegenheit, da sie an dem Aufbau fast aller Gebirge den hervorragendsten Antheil nehmen und manches allein zusammensetzen. Es ist, wie erwähnt, die Hauptaufgabe geologischer Forschung in einer neuen Gegend, die Grundlagen zur Feststellung des Altersverhältnisses derselben zu suchen: die Sedimentgesteine zu gliedern. Dem Anfänger erscheint sie schwierig, aber durch sorgfältiges Zusammentragen von Beobachtungen gelingt es meist, zu stetig wachsender Klarheit zu gelangen. Die einfache Angabe, dass in einer Gegend Kalkstein, oder Sandstein, oder Schiefer vorkommt, ist, wenn auch nicht werthlos, doch durchaus ungenügend. Man hat stets nach dreierlei Gesichtspunkten genau vorzugehen. Sie sind: Gesteinscharakter, Schichtenverband und geologisches Alter.

a. Gesteinscharakter. — Man sollte nie versäumen, während der Reise die äusseren, dem unbewaffneten Auge sich darbietenden Eigenschaften der beobachteten Gesteine zu notiren. Unter den Gesichtspunkten, welche dabei in Betracht kommen können, sind hervorzuheben: bei Sandsteinen: Farbe, Grad der Festigkeit, Grösse des Korns; ist es ein reiner Quarzsandstein, oder ist er thonig oder kalkig? wie dick sind die einzelnen Schichten? sind die einzelnen Schichtungsflächen eben, oder wellig, oder zeigen sie Spuren des Wellenschlages? sind sie glimmerig? kommen kohlige Pflanzenspuren oder schilfartige Reste vor? Hinsichtlich der Festigkeit kann jeder nach eigenen Bezeichnungen eine Skala von losem Sand bis zum harten Quarzit einführen. Ist das Gestein der einzelnen Schicht gleichartig, oder lässt sich ein Wechsel beobachten? wie zerklüftet das Gestein? — Bei Conglomeraten: Grösse der Rollstücke; sind sie scheibenförmig oder eiförmig, in die Länge gezogen oder in allen Dimensionen gleich? Woraus bestehen die Rollstücke, aus einer Gesteinsart oder aus mehreren, und welches sind diese? Lassen sie sich in der Nachbarschaft an-

stehend finden? dies ist ein wichtiger Punkt, da das Conglomerat jünger ist als die eingeschlossenen Gesteine, und aus dem Fehlen gewisser Gesteine unter den Einschlüssen oft hervorgeht, dass es älterer Entstehung ist als diese. Wie ist das bindende Cement? sandig, kieselig, thonig, kalkig, oder aus dem zerkleinerten Material benachbarter Eruptivgesteine bestehend (tuffartig)? welches ist seine Farbe? Auch die Festigkeit des Conglomerats und die Mächtigkeit seiner Schichten sind anzugeben. — Bei Schieferthonen sind ebenfalls Farbe, Korn, sandige oder kalkige Beschaffenheit, Vertheilung von Glimmerblättchen auf den Schichtungsflächen zu beobachten; ferner die mehr oder weniger vollkommene und ebenflächige Schieferung, die Art der Zerklüftung und der Wechsel des Gesteinscharakters. Die Thonschiefer unterscheiden sich äusserlich durch dichteres Korn, grössere Festigkeit, vollkommenere Schieferung (Dachschiefer, Tafelschiefer), seidenglänzendes Ansehen, Vorkommen von Einschlüssen, häufigere Durchsetzung durch Quarzschnüre, und zerfallen oft in Griffel oder Stengel in Folge einer durch Druck entstandenen zweiten (transversalen) Schieferung. — Bei Kalksteinen: Farbe, Bruch, Härte, krystallinische oder dichte Textur. Bei den dichten Kalksteinen, welche für die Formationsbestimmung wichtiger sind, kommt dann weiter in Betracht: Ist das Gestein geschichtet? in dünne Lagen oder dicke Bänke? sind die Schichtflächen eben, oder wellig, oder ineinandergezackt? liegt zwischen den Schichten schieferige Substanz? Ist der Kalkstein thonig, kieselig, dolomitisch oder bituminös? hat er homogone Textur oder ist er oolitisch, oder erdig (Kreide)? enthält er Einschlüsse von Feuerstein oder Hornstein, und wie sind diese vertheilt? Ist der Kalkstein von weissen Kalkspathadern durchsetzt? führt er Erze? ist er zellig? neigt er zur Höhlenbildung? — Aehnlich sind die Fragen, die man bei anderen, nicht so häufig vorkommenden Schichtgesteinen zu stellen hat, und von denen einige, wie die vulcanischen Tuffe, noch behandelt werden sollen. — Wenn man ein in grosser Mächtigkeit auftretendes Gestein in dieser Weise beobachtet und sich seine Eigenthümlichkeiten eingeprägt hat, ist es gut, die Aufmerksamkeit auf die Oberflächenformen zu richten, welche demselben eigenthümlich sind. Gewisse Kalksteine und Sandsteine zeichnen sich in dieser Beziehung so aus, dass man ihre Verbreitung häufig von weitem

erkennen kann. Doch gehört grosse Uebung dazu, um mit Vertrauen zu Werke gehen zu können. Der Reisende, welcher im Landschaftszeichnen Fertigkeit besitzt, sollte sich die getreue Wiedergabe des den einzelnen Gesteinen eigenthümlichen landschaftlichen Elementes angelegen sein lassen.

b. Schichtenverband. — Die Angabe der äusseren Eigenschaften ist zur Charakterisirung nicht hinreichend. Denn ganz gleichartige oder einander ähnliche Schichtgesteine treten in verschiedenen Formationen auf, und man kommt auf Fehlschlüsse, wenn man aus der Aehnlichkeit auf Identität schliesst. So bezeichnet die Zeit, als man alle in den Alpen auftretenden Kalksteine mit dem Namen „Alpenkalk" belegte und sie nicht weiter zu gliedern verstand, einen unreifen Standpunkt, bei welchem die Alpengeologie ein dunkles Feld blieb. Klarheit kam erst hinein, als man anfing, einzelne Kalksteine von einander zu unterscheiden. Dies aber kann der Beobachter in einem neuen Land von vorn herein thun. Das Mittel dazu ist, nicht bloss einzelne Schicht*gesteine* zu unterscheiden, sondern bestrebt zu sein, gleich *Schichtensysteme* aufzufinden, und diese als Elemente zur Vergleichung zu verwenden. Ein Schichtensystem ist ein Verband gleichmässig gelagerter Schichtgesteine verschiedener Art. Wenn zum Beispiel ein durch Hornsteinführung ausgezeichneter Kalkstein, dessen Hangendes und Liegendes (d. i. das darunter und das darüber lagernde) nicht bekannt sind, eine Schiefereinlagerung von 100 Fuss Mächtigkeit und bestimmtem Charakter enthält, so bildet die Reihenfolge von unten nach oben: Kalkstein, Schiefer, Kalkstein, ein einfaches Schichtensystem. An diesem Verband wird man den Kalkstein wie den Schiefer mit Sicherheit wiedererkennen, wenn man ihnen in nicht zu grosser Entfernung von dem ersten Ort begegnet, und sie von anderen Kalksteinen und anderen Schiefern zu unterscheiden vermögen.

Je complicirter ein Schichtensystem, desto schwieriger, aber auch desto wichtiger wird die Aufgabe, es zu entwirren. Es sind dabei stets die folgenden einfachen Regeln im Auge zu behalten: 1. Wo Schicht auf Schicht in längerer Reihenfolge übereinanderlagern, seien sie horizontal oder geneigt, da ist die tiefere (mit seltenen Ausnahmen) älter als die darüberliegende; 2. fast alle Schichten sind ursprünglich in Ebenen abgelagert,

welche von der Horizontale wenig abwichen, und konnten in eine stärker geneigte Lage erst durch spätere Störung gebracht werden; 3. wenn horizontale oder schwach einfallende Schichten stark geneigten angelagert sind, so ist die Aufrichtung der letzteren zwischen den Ablagerungsperioden beider geschehen. An der Hand dieser Grundsätze sollte der Reisende (und dies kann auch dem geübteren nicht genug anempfohlen werden) bei dem Betreten einer neuen Gegend den ersten sich darbietenden oder absichtlich aufgesuchten deutlichen und reichhaltigen Schichtenaufschluss auf das sorgfältigste, mit dem Notizbuch in der Hand, studiren. Ausser an Flüssen, welche Schichtgebirge quer durchsetzen, und in tief eingerissenen Querschluchten, bieten sich Gelegenheiten, wo immer man einen Theil eines Gebirges aus Schichten aufgebaut sieht, welche durch das leisten- oder mauerartige Vortreten gewisser Schichtglieder eine ungleichmässige Zusammensetzung schon von weitem erkennen lassen. Die unterste Reihe gleichartiger Schichten, z. B. die eines braunen thonigen Sandsteins, bezeichne man mit einem beliebigen Buchstaben des Alphabets (z. B. *G*), notire ihre Mächtigkeit (z. B. 60 Meter) und Gesteinsbeschaffenheit, und bestimme ihr Streichen und Fallen. Nun geht man aufwärts in das Hangende und fährt in der Bezeichnung der nächsten Schichten nach der Reihe des Alphabets fort. Ob ein Complex gleichartiger Schichten aus einer 200 Meter mächtigen Folge von Kalkstein oder einer nur 20 cm dicken Schiefereinlagerung bestehe, Alles wird aufgezeichnet, und mit kurzen aber prägnanten Gesteinsbeschreibungen begleitet. Mit einer in dieser Weise schriftlich niedergelegten Schichtenfolge hat man schon gleich im Anfang einen Schlüssel gewonnen, den man so oft anwendet, als man einer einzelnen, oder einer kleinen Reihenfolge der am ersten Platz gesehenen Schichtengruppen begegnet. Je nachdem sich am nächsten Ort andere Glieder nach oben oder unten anreihen, fährt man mit dem Alphabet nach vorwärts oder nach rückwärts fort; und nach kurzer Zeit wird man jedes bereits gesehene Gestein nicht nur sofort wiedererkennen, sondern auch gleich wissen, welches Glied in der Reihe es bildet, und welche anderen man zunächst darüber oder darunter zu erwarten hat. Zugleich werden sich in der Reihenfolge allmählich Aenderungen einstellen, die gleich beschrieben werden müssen. Kommt man aber, vielleicht nach-

dem man ein Thal überschritten hat, zu einer Schichtfolge, die mit der früheren keine Aehnlichkeit hat, und also einer, im Vergleich zu ihr, jüngeren oder älteren Formation angehört, so suche man so bald als möglich sich auch für diese in der beschriebenen Weise einen Schlüssel zu verschaffen. So wird man auch die zweite Reihe zu verfolgen und an ihren untergeordnetsten Gliedern wieder zu erkennen vermögen, und an einem dritten Ort entdecken, ob sie über oder unter der ersten lagert, das heisst, ob sie jünger oder älter als diese ist. In ähnlicher Weise fahre man weiter fort. Dabei ist es gut, von vornherein Benennungen für sehr ausgezeichnete Schichtengruppen (z. B. eine solche, in welcher gewisse rothe Schieferthone oder grünliche Sandsteine bei allem sonstigen Wechsel stets wiederkehren), oder besonders mächtige und charakteristische Formationsglieder (z. B. einen Kalkstein von einer gewissen Mächtigkeit, der sich vor anderen Kalksteinen durch bituminöse Beschaffenheit auszeichnet), nur für den Gebrauch im eigenen Tagebuch, einzuführen, und zwar am besten nach Localitäten; also z. B.: der schwarze Kalk (*m*) vom Ort A, der rothe Schiefer (*h*) vom Berg L u. s. f. So wird nach und nach eine kleine Geologie der Gegend erwachsen, mit einer ausschliesslich für sie geltenden Terminologie.

Nicht immer bieten sich so günstige Verhältnisse, dass man vollständige Schichtenreihen gleich auffinden und verzeichnen kann. Dann muss man fragmentarische Beobachtungen sammeln, aus denen sich nach und nach das Vollendetere entwickelt. Dies lässt sich am besten an einem Beispiel zeigen. Aus einem Thalboden kommt man häufig zu einem einzeln aufragenden Hügel oder einem kleinen Hügelzug, der aus einer einzigen Gesteinsart besteht. Es sind besonders die härteren Felsarten, welche bei der allgemeinen Erosion in dieser Weise zurückgelassen werden, zum Beispiel die verhärteten reinen Quarzsandsteine oder Quarzite. Man bestimmt das Streichen und Fallen der Schichten dieses Gesteins. Daraus zeigt sich, wo die tiefsten derselben zu suchen sind; und an der betreffenden Stelle wird es wahrscheinlich gelingen, das Liegende des Quarzits, z. B. schwarze Thonschiefer, zu finden. Der Quarzit habe eine Mächtigkeit von 2000 Fuss. Es kommt nun darauf an, sein Hangendes, das heisst, die ihn überlagernden Schichten, zu kennen. Das gelingt vielleicht nicht gleich; aber indem man

das Problem im Auge behält, kommt man doch schliesslich wohl an eine Stelle, wo man es lösen kann. Vielleicht zeigt es sich, dass dem Quarzit nichts regelmässig aufgelagert, sondern ein anderes Schichtensystem in solcher Weise angelagert ist, dass es sich deutlich als erheblich jünger erweist, so dass man schliessen muss, es habe sich in einer Periode, als der Quarzit bereits ein Riff bildete, abgelagert. Nun wird man beim Weiterreisen die erste Schichtenfolge vom Quarzit und Schiefer abwärts zu verfolgen und die jüngere nach allen Dimensionen zu erforschen haben.

Der Laie sollte, wie es der Fachmann thut, alle Beobachtungen über Schichtung sogleich graphisch darstellen. Wenige Linien drücken das Verhältniss besser aus, als eine lange Beschreibung, und nichts hütet mehr vor falschen Schlüssen über den Gebirgsbau und fördert mehr die richtige Vorstellung von demselben, als die sorgfältige und unablässige Aufzeichnung von Schichtenprofilen in der oben (S. 143) angegebenen Art. Wo die Erinnerung, selbst nur weniger Stunden, unvollkommene und lückenhafte Ergänzungen macht, da ergiebt die graphische Darstellung leicht das Richtige, und bei der Rückkehr von einer Reise ist sie vor Allem geeignet, das Gedächtniss in wirksamer Weise zu unterstützen. Darum aber sind auch ungenau gezeichnete Schichtenprofile ganz besonders im Stande, irre zu führen. — Wer Beobachtung, Sammlung von Handstücken und Einzeichnung fortdauert verbindet, der wird bald, als Ergebniss eigenen Studiums, alle jene Verhältnisse entdecken, welche er in den Lehrbüchern, auf welche hier verwiesen sein möge, als Lagerungsformen und Schichtenstörungen beschrieben findet. (Im „Führer für Forschungsreisende" sind dieselben auf S. 594—621 behandelt.)

c. Geologisches Alter. — Die stratigraphischen Beobachtungen geben über das relative Altersverhältniss der in einer abgegrenzten Gegend vorkommenden Schichtgesteine Aufschluss. Aber die Resultate erhalten höheren Werth, wenn es auf Grundlage von Versteinerungen gelingt, einerseits die Stellung der einzelnen aufgefundenen Schichtensysteme in der Geschichte der Erde festzustellen, andererseits an ihrer Hand die Richtigkeit der aus den stratigraphischen Untersuchungen gezogenen Schlüsse zu prüfen und zu controliren. Mit niemals nach-

lassender Sorgfalt sollte man nach ihnen suchen und jeden Anhalt, der sich in den Pflastersteinen einer Stadt, an den Pfeilern einer Brücke, in dem Baumaterial von Häusern, Mauern und Tempeln, oder in Kunstproducten bietet, benutzen, um nach dem Herstammungsort darin gesehener Versteinerungen zu fragen und dann den Fundort aufzusuchen. Bei der Begehung von Gebirgen sind die oben (S. 135 ff.) angegeben Regeln zu befolgen. Wer Uebung hat und mit Eifer sucht, der wird gewiss in irgend einer Schicht Versteinerungen finden. Der Platz derselben in der ganzen Reihe der in der Gegend auftretenden Schichtgebilde sollte nach den vorhergehenden Beobachtungen bekannt sein. Auf den Zetteln, welche den Fundort der Versteinerungen angeben, ist die Schicht genau, mit Verweisung auf das Tagebuch, zu bezeichnen. Findet man dann noch Versteinerungen in andern Schichten höher hinauf oder tiefer hinab in der Reihe, so wird sich dadurch auch das Alter aller dazwischenliegenden Schichten mit einiger Sicherheit interpoliren, oder der Betrag der in den Ablagerungen vorhandenen Lücken festsetzen lassen. In Anbetracht der Wichtigkeit der Altersbestimmung muss man aus einer Schicht, von welcher man noch keine Fossilien besitzt, auch das Unbedeutendste und Unvollkommenste sammeln.

2. Beobachtungen an krystallinischen Schiefergesteinen.

Diese Gesteine treten so selbstständig auf, setzen so ausgedehnte Länderstrecken für sich allein zusammen, und tragen so viel zur Ausbildung charakteristischer landschaftlicher Formen bei, dass sie besonders behandelt werden müssen. Sie bilden häufig die sichtbare Unterlage des Flözgebirges und können daher diesem gegenüber als Kerngebirge bezeichnet werden. Ihre Beobachtung ist schwierig und setzt Uebung voraus, Indess kann schon die Constatirung der Anwesenheit und Verbreitung von krystallinischen Schiefern entlang dem Reiseweg ein beachtenswerthes Resultat sein. Der Reisende sollte auch angeben, welche besondere Gesteinsarten allein herrschen oder vorwalten, dieselben durch gut gewählte Belegstücke zur Darstellung bringen und möglichst oft die im Gesammtbau vorherrschenden Richtungen des Streichens und Fallens festsetzen,

ohne sich durch die vielfach vorkommenden kleineren örtlichen Unregelmässigkeiten beirren zu lassen. Auch die durch Pressungsvorgänge hervorgebrachte falsche Schieferung erschwert die Beobachtung. Einen sicheren Anhalt zur Erkennung der Anordnung bieten dagegen die Züge von krystallinischem Kalk oder Quarzit, welche dem Gneiss oder Glimmerschiefers nicht selten eingelagert sind. Auch Verwerfungserscheinungen sind an deren Hand zu studiren. Es ist ferner das Auftreten von Gängen, seien dieselben Granit, Pegmatit (oder Schriftgranit, mit oder ohne Turmalin), oder Quarz, zu beachten. Vom petrographischen Gesichtspunkt sind neben den charaktergebenden Gemengtheilen (Feldspathe, Quarz, Glimmer, Hornblende, Chlorit) die untergeordneten Beimengungen, insbesondere von Granat, das Vorkommen von Graphit, von Magneteisenerz in eingesprengten Krystallen oder in grossen Ausscheidungen, sowie die mannigfaltigen Mineraleinschlüsse im krystallinischen Kalkstein zu berücksichtigen.

Der geübte Geolog findet weit mehr Fragen zu lösen. Zunächst wird er sich bemühen zu entscheiden (und dies ist meist sehr schwer), ob die krystallinischen Schiefer jener grossen Abtheilung derselben angehören, welche als die archaischen (S. 151) bezeichnet werden, oder ob sie von jüngerem Alter und durch Umwandlung aus Schichtgesteinen von silurischem, devonischem, carbonischem, triassischem oder noch jüngerem Alter entstanden sind. Dem archaischen Zeitalter gehören sie unzweifelhaft an, wenn auf den Köpfen ihrer steil gestellten Schichten cambrische Gesteine horizontal oder in geringer Neigung auflagern. Es ist dann die Hauptaufgabe, in ähnlicher Weise wie bei den secundären Schichtgesteinen, die relativen Altersverhältnisse innerhalb der Reihe archaischer Gesteine festzustellen. Daraus wird sich ergeben, ob, wie man Grund hat anzunehmen, eine in ihren allgemeinen Zügen analoge Reihenfolge sich in verschiedenen Gegenden der Erde wiederholt, ob die ältesten sichtbaren Gebilde überall granitartige Gneisse von ausserordentlich grosser Mächtigkeit sind, denen Gneisse von anderer Art und mit mancherlei fremdartigen Zwischenlagerungen folgen; ob sich als nächste Altersstufe eine Reihe von Gesteinen anschliesst, unter denen Glimmerschiefer vorwaltet; und ob als drittes Glied Chloritschiefer mit Hornblendeschiefer, Serpentin und Talkschiefer auftreten, welche mit

einer Reihe undefinirbarer grüner Schiefer verbunden sind; ob dann nach oben hin Thonglimmerschiefer und Thonschiefer mit Quarziten erscheinen, welche älter sind als die Cambrische Formation. — Sind die krystallinischen Schiefer nicht archaisch, sondern durch Metamorphismus des Flözgebirges entstanden, so kommt es vor Allem auf die Altersbestimmung an, die sich nur in seltenen Fällen ausführen lässt, ferner auf die Art des Verbandes mit Eruptivgesteinen, und die Ausdehnung der metamorphischen Einwirkung. Man kann auch versuchen, den Charakter der besonderen Schichten, welche verändert worden sind, festzustellen; doch setzt dies neben günstigen Verhältnissen die geübteste und genaueste Beobachtung voraus.

Die krystallinischen Schiefer, die archaischen wie die metamorphischen, bilden oft als mächtige Kernzüge den Rückgrat der heteromorphen Faltungsgebirge und pflegen auf deren Innenseite vielfach aus den verworfenen Blöcken des Schichtgebirges aufzuragen. In grösserer Ausdehnung finden sie sich in der Regel bei erloschenen Faltungsgebirgen in langen, durch Verwerfung in hohe Lage gekommenen und durch Denudation blossgelegten Zügen angeordnet. Ihre Hauptverbreitung aber haben sie dort, wo die Abrasion vormalige Gebirge bis auf ihren Grundbau hinweggenommen hat, und dieser in Gestalt ausgedehnter Abrasionsschollen (Finnland, Canada, Brasilien) zu Tage tritt, oder in der Form von Rumpfgebirgen über die Umgebungen aufragt.

3. Beobachtungen an Vulcanen und jüngeren Eruptivgesteinen.

Es wurde bereits angedeutet, dass die Vulcane parasitische Gebilde mit Rücksicht auf die Beschaffenheit und den geologischen Bau des Erdraums sind, in welchem sie auftreten. Sie verleihen demselben häufig einen besondern Reiz durch den Formenwechsel, welchen sie verursachen, und durch die Mannigfaltigkeit der Bedingungen, welche dem Gedeihen der Pflanzenwelt in den zahlreichen Abstufungen von dem starren festen Gestein zu den tiefzersetzten Anhäufungen loser Trümmer geboten werden. Wie ihre Gestalten die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und die Phänomene ihrer Thätigkeit das Interesse des Beschauers fesseln, so zeichnen sich die Gegenden, in welchen sie sich

erheben, im Allgemeinen durch die Fülle der Motive für die exacte wissenschaftliche Untersuchung, wie für die dem Reisenden gewöhnlich nur gestattete flüchtigere Beobachtung aus.

Wesen der Vulcane. — Ein Vulcan ist ein Berg, welcher aus von unten nach oben in heissflüssigem Zustand emporgedrungenem und entweder theilweise oder ganz durch explosive Thätigkeit zertrümmertem Gesteinsmaterial aufgebaut ist und in Folge der periklinalen (d. h. allseitig abfallenden) Anordnung des Materials der einzelnen Ausbrüche um eine centrale Axe eine mehr oder weniger vollkommene Kegelgestalt besitzt. Der Berg kann wenige Dekameter, oder mehrere Kilometer hoch sein; die Axe kann immer an derselben Stelle gewesen sein, oder ihre Lage mit der Zeit ein wenig geändert haben; das Gesteinsmaterial kann insgesammt, durch Explosionen in Fragmente zertrümmert, als Schlacken, Rapilli und Asche über die Kegelfläche vertheilt, oder überwiegend in Gestalt von Lavaströmen auf ihr hinabgeflossen sein — dadurch werden nebensächliche Aenderungen verursacht. Thätig ist ein Vulcan, wenn sich periodisch Ausbrüche an ihm ereignen; als erloschen wird er bezeichnet, wenn solche in historischer Ueberlieferung nicht stattgefunden haben, aber Structur und Zusammensetzung den Schluss gestatten, dass die Entstehung des Berges derjenigen der thätigen Vulcane analog gewesen ist. Zuweilen finden sich in Gasexhalationen und Quellen kochenden Wassers noch Nachwehen der früheren Thätigkeit; zuweilen sind auch solche nicht mehr vorhanden.

Zusammensetzung der Vulcane. — Unter den Gesteinen, welche am Aufbau der Vulcane theilnehmen, sind vor Allem Basalt, Dolorit, Andesit, Trachyt und Rhyolith als diejenigen zu nennen, mit denen der Forschungsreisende sich vertraut machen sollte. Dieselben sind zuweilen schwer zu erkennen, da die Verschiedenheit der Erstarrungsvorgänge den Charakter des Gesteins mehr als in anderen Fällen beeinflusst. Es entstehen dadurch die als Obsidian, Bimsstein und Perlstein bekannten Abänderungen (besonders von rhyolithischen und trachytischen Gesteinen), die schaumig aufgeblähten, an Schlacken erinnernden Modificationen der Basalte, Dolerite und Andesite, und manche andere Ausbildungsformen. Sie sind sehr augenfällig, fesseln die Beobachtung

und sind in Sammlungen oft am meisten vertreten. In der Natur ist ihre Rolle unbedeutend im Verhältniss zu derjenigen der normaleren Abänderungen, welche als Lavaströme, als weit ausgebreitete Decken, als einzeln aufragende Kuppen und als ganze Gebirgszüge auftreten. — Neben den grossen festen Massen der homogenen Gesteine sind die Trümmergesteine zu untersuchen, welche aus jenen entstanden sind, und in welchen sich daher deren Artenreihe wiederholt. Dahin gehören die losen Auswürflinge aus Krateren, welche die Flanken der Vulcane zusammensetzen. Die herkömmlichen, den Grössenverhältnissen entnommenen Ausdrücke: vulcanische Blöcke (mehrere Fuss Durchmesser, aussen verschlackt, innen fest), vulcanische Bomben, Rapilli, vulcanischer Sand, vulcanische Asche, lernt Jeder bei dem ersten Anblick auf der Lagerstätte richtig anwenden. Sie ordnen sich in der Regel nach der Grösse von dem Kraterrand gegen den Fuss des Kegels; nur die feinste Asche und insbesondere der Bimssteinsand, breiten sich weit darüber hinaus aus und können vom Wind nach fernen Gegenden fortgetragen werden. Diese Materialien bilden Schichten, welche allseitig vom Kegel abfallen, und sind häufig von radial eingeschnittenen Wasserrillen durchschnitten. Sie werden leicht cementirt. An den Trümmern erloschener Vulcane kann man sie in tiefen Durchschnitten beobachten und die Natur Jener daran kennen. Aus der Untersuchung der festen Stücke lässt sich die Art des Gesteins festsetzen, das in einer gewissen Epoche vom Vulcan ausgeworfen wurde. — Eine zweite Form der Trümmergesteine sind die Schlammströme, welche durch das Zusammenschwemmen von Auswürflingen in Folge der die Eruption zuweilen begleitenden wolkenbruchartigen Regengüsse oder des plötzlichen Thauens einer Decke von Schnee und Eis entstehen. Man erkennt sie an dem gänzlichen Mangel der Schichtung, an der Menge scharfeckiger Einschlüsse von der verschiedensten Grösse, welche in dem aschenartig zerkleinerten Material, das die Grundmasse bildet, unregelmässig zerstreut sind; ferner an dem Umstand, dass sie die tieferen Theile ihrer Unterlage ausfüllen und oft eine bedeutende Längenerstreckung bei geringer Breite haben. Sie sind ein wichtiges Element in vulcanischen Gebirgen, und wer sie kennen gelernt hat, findet sie auch als Begleiter vulcanischer Ausbrüche in älteren Perioden. Man verwendet die vulcanischen

Schlammstromgesteine wegen ihrer Lockerheit und Leichtigkeit, die sie trotz fester Cementation besitzen, gern zu Baumaterial. — Die dritte Form des Auftretens sind die Tuffgesteine, die sich vor den vorigen durch Schichtung auszeichnen. Es sind Ablagerungen von Auswürflingen und sonstigem zur Eruptionszeit zerstörtem Ausbruchsmaterial, welche unter Wasser stattfanden. Die einzelnen Bestandtheile sind darin nach der Grösse in Schichten geordnet. Schlamm und Tuff variiren je nach der Art des Gesteins aus dem sie entstanden sind. — Endlich sind diejenigen Gesteine zu erwähnen, welche in einer homogenen Erstarrungsmasse eckige Bruchstücke von Gesteinen umschliessen und zumeist als Reibungsbreccien zu bezeichnen sind. Die Trümmer sind entweder 1) gleichartig mit dem einschliessenden Gestein; oder sie bestehen 2) aus vulcanischem Gestein anderer Art, oder 3) aus ganz fremdartigem Gestein. Reibungsbreccien der ersten Art sind am grossartigsten in Andesitgebirgen entwickelt und bilden zuweilen das Hauptmaterial ausgedehnter Rücken. Das Studium von solchen der zweiten Art ist für die Eruptionsgeschichte wichtig, weil das eingeschlossene Bruchstück älter ist als die umschliessende Masse. Diejenigen der dritten Art sind von allgemeinerem Interesse und zeichnen sich zuweilen, besonders wenn die Einschlüsse aus Kalkstein bestehen, durch das Vorkommen schöner Mineralien aus. Man nimmt zu ihrer Erklärung an, dass die vulcanische Masse bei ihrem Aufwärtsdrängen Bruchstücke des Nebengesteins losriss. Die letzteren geben daher Aufschluss über den geologischen Bau der Unterlage der Vulcane.

Aufbau der Vulcane. — Zertrümmertes Gestein und zerspritztes oder zerstäubtes Magma, das aus dem Krater ausgeworfen wurde und durch sein Niederfallen aus der Luft einen Kegel um den Schlot herum anhäufte, dazu Ströme von Lava, welche von einer Ausbruchsstelle an den Flanken oder auf dem Gipfel radial auf dem Kegelmantel hinabflossen, setzen einen Vulcan zusammen. Zu dem Wesen desselben gehört der explosive Charakter wenigstens eines Theiles der Ausbrüche, und dadurch wird in den meisten Fällen die Gestalt bestimmt. Das normale Profil eines durch Aufschüttung entstandenen Vulcans besteht aus zwei am Gipfel mit ungefähr 30° Neigung beginnenden Linien, die sich in leichter concaver Krümmung nach ent-

gegengesetzten Seiten herabsenken, bis sie beinahe horizontal werden. Diese Gestalt wird jedoch zunächst durch Luftströmungen modificirt, welche auf die Ablagerung der groben Blöcke keinen merkbaren Einfluss haben, dagegen mit zunehmender Feinheit des Korns das Vorherrschen der Ablagerung in einer bestimmten Richtung zur Folge haben. Sind sie constant, so ziehen sie den Kegel in den tieferen Theilen gewissermaassen nach einer Richtung aus; je mehr sie wechseln, desto weniger werden sie die Endgestalt ändern. In höherem Grade greifen die Lavaströme differenzirend ein. Die älteren sind von den jüngeren Auswurfsstoffen erst überwölbt und dann von ihnen vergraben worden. Da aber die Mächtigkeit einer Auswurfsschicht im grossen Durchschnitt vom Centrum nach der Peripherie abnimmt, so sind die dem ersten näher gelegenen Theile früher und höher verdeckt als die entfernteren, die als lange Hügelzüge aufragen, sich gegen den Ringwall, falls ein solcher vorhanden ist, stauen, den Böden der vom Vulcan ausgehenden Flussthäler weit über die Kegelgrenze hinaus folgen, die Gewässer ableiten und diejenigen von Nebenthälern zu Seen aufstauen. Die Gestalt der Lavaströme ändert sich sehr nach dem Flüssigkeitsgrad, den die geschmolzene Masse bei ihrem Austritt hatte. Das Extrem von Leichtflüssigkeit zeigen die basaltischen Laven, die sich oft in flachen Decken ausgebreitet und, gleich einer Wasserschicht, die aufragenden Theile des Bodenreliefs umströmt haben. Bei manchen Lavaströmen hat nach Erstarrung der äusseren Rinde das Innere am unteren Ende einen Ausweg gefunden und ist fortgeströmt, so dass jene Rinde als eine feste Hülle zurückblieb. Auch wo dies nicht der Fall ist, sollte man, falls zufällige Aufschlüsse es gestatten, die inneren und die äusseren Theile der Lavamasse getrennt untersuchen. In jenen ist das Gestein meist compact, in diesen blasig aufgetrieben. — Ein stets interessantes Object der Untersuchung sind die kleinen S c h m a r o t z e r k e g e l, welche zuweilen in einer Zone unterhalb der halben Kegelhöhe auftreten und bei manchen Vulcanen in Menge vorhanden sind. Jeder von ihnen ist ein kleiner Vulcan mit Aschenauswürfen, und häufig mit einem Lavastrom. Bei ihnen tritt in der Regel der Lavastrom aus einer von ihm selbst geöffneten Bresche im Kraterwall heraus. Hufeisenförmige Kraterwälle sind daher häufige Erscheinungen. Das Aufwerfen dieser kleinen Schmarotzer-

kegel ist zuweilen das Werk weniger Tage; dann ist die Quelle der Eruptionskraft erschöpft.

Bei den meisten grossen thätigen und erloschenen Vulcanen tritt eine andere Complication dadurch ein, dass aus einem breit abgestutzten Kegel ein zweiter, gewöhnlich etwas excentrisch, sich erhebt. In dem abgestutzten Theil eines solchen zusammengesetzten Vulcans findet sich dann gewöhnlich, in der ganzen Ausdehnung zwischen den oberen Rändern seines Kegelmantels, eine tiefe Versenkung, deren Umwallung (der Ringwall) von jenen Rändern an steil nach innnen abstürzt. Der jüngere, innere Kegel steigt aus ihr auf und füllt sie ganz oder theilweise aus. Beide Kegel stellen zwei, zuweilen der Zeit nach weit von einander entlegene, durch eine gewaltige Katastrophe getrennte Phasen der Geschichte des Vulcans dar. Es ist von Interesse, in solchen Fällen ein genaues durch viele Höhenmessungen gestütztes kartographisches Bild des letzteren zu entwerfen und die Untersuchung des Materials an möglichst vielen, auf der Karte anzugebenden Stellen auszuführen. Der Betrag der fortgeführten Masse lässt sich annähernd berechnen, wenn man die Grösse der Grundfläche des fehlenden Theils und die Neigungswinkel der Abfälle des stehen gebliebenen in Betracht zieht.

Besondere Aufmerksamkeit sollte der Frage zugewendet werden, in welcher Weise die Abstutzung des älteren, als Basis dienenden Vulcans erfolgt ist. Es sind dafür drei Theorien aufgestellt worden. Nach der einen soll Erosion allein, nach der zweiten Explosion, nach der dritten Einbruch die Erscheinung erklären. Es scheint, dass jede von ihnen in einzelnen Fällen ihre Berechtigung hat. Der Erosion leisten die lockeren vulcanischen Anhäufungen geringen Widerstand. Wenn ein Sammeltrichter sich in Folge günstiger Bedingungen stärker vergrössert hat als seine Nachbarn, so schreitet die fernere Erweiterung der Vertiefung rasch fort. Es bilden sich grosse, von steilen Wänden umragte Kessel (Calderas), welche ihre Gewässer mit allen von ihnen mitgenommenen Zerstörungsproducten durch einen einzigen engen Erosionscanal (Baranco) nach aussen senden. In diesem Kessel kann ein neuer Vulcan aufsteigen. — Eine Fortführung von Material von ähnlichem Betrag, wie sie sich hier in einem langen Zeitraum allmählich

vollzieht, kann durch Explosion mit grosser Schnelligkeit geschehen. Den auffälligsten Beweis gab diejenige, welche die Gestalt des Krakatau so wesentlich verändert hat. Doch sind sie auch früher von Java beschrieben worden, und man kennt ihre sicheren Spuren an vielen Maaren. In demselben Moment, in welchem das Absprengen ungeheurer Massen festen Gesteins stattfindet, wird das flüssige Magma im Innern des Vulcans zu Bimsstein aufgebläht und theils in Stücken, theils in feinster Zerstäubung in grosse Höhen der Atmosphäre geschleudert. Die grösseren Stücke fallen nieder, die feinen werden von den Luftströmungen fortgetragen. Die Beobachtung der Folgen dieser Vorgänge wird dadurch erschwert, dass die gewaltigen Trümmermassen, welche in den Umgebungen abgelagert werden, meist von den darauf folgenden Aschenausbrüchen verdeckt sind. — Als dritte Ursache ist der Einbruch zu bezeichnen. Kesselförmige, häufig mit Seen ausgefüllte Versenkungen sind eine oft zu beobachtende Erscheinung in vulcanischen Gegenden. Sind sie von einem Kranz ausgeworfener Massen umgeben, so sind sie durch Explosion zu erklären; fehlt jede Spur von Auswürflingen, so kann nur eine Versenkung zu Grunde liegen. Dies gilt z. B. für die Kessel, aus denen sich einzelne Vulcane selbst erheben Auf der Höhe ihrer Umwallungen sucht man vergeblich nach den Trümmern der verschwundenen Gesteine; die letzteren können nur in die Tiefe hinabgesunken sein. Wenn aber dieser Vorgang überhaupt in vulcanischen Gegenden vorkommt, so darf man ihn in erster Linie unter einem Auswurfskegel erwarten, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass Versenkung die häufigste Ursache der Abstutzung des älteren Theiles zusammengesetzter Vulcankegel ist. Die Untersuchung wird also von Fall zu Fall vorzugehen und verschiedenartige Umstände in Betracht zu ziehen haben.

Ausbruchsthätigkeit. — Bei einem Vulcan, dessen Thätigkeit man beobachten will, sollten Gestalt des Berges und des Kraters bekannt sein, womöglich auch die bereits geschehenen Veränderungen Beider. Tritt ein Ausbruch ein, so sind zu beachten: die denselben häufig vorbereitenden Erderschütterungen, ihre Ausdehnung, die Art ihrer Fortbewegung, und, wo möglich, ihr Centrum; die zur Zeit obwaltenden meteorologischen Verhältnisse, besonders der Luftdruck; Sitz und Art der Gas- und Dampf-Exhalationen; Schmelzen des

Schnees; Versiegen von Brunnen u. s. w. Steigern sich diese gewöhnlichen Vorläufer der Ausbrüche allmählich, oder beginnen die letzteren plötzlich? In welcher Weise geschieht der erste Ausbruch? Findet eine plötzliche Explosion statt? Ein Maass für die Stärke derselben giebt sich zu erkennen: in dem Grad der Veränderung der Gestalt und Grösse des Kraters, in der Höhe, bis zu welcher die Trümmer im Verhältniss zu ihrer Grösse geschleudert werden, in der Entfernung vom Centrum, in welcher Fragmente von einer gewissen Grösse noch niederfallen. Es sind dann die Häufigkeit und Stärke der folgenden Explosionen, die Entfernung, bis zu welcher die feine Asche getragen wird, die weiteren Veränderungen des Kraters, die Bildung seitlicher Spalten, durch welche Dampf entweicht, zu beobachten. Die ausgeschleuderten Trümmer sind mit Rücksicht auf ihre Grösse und Gestalt, ihre Anordnung beim Herniederfallen, ihre Gesteinsart und ihre Textur zu untersuchen; sind diejenigen des ersten Ausbruchs gleichartig mit denen späterer Explosionen? Wichtig aber schwierig auszuführen ist die Untersuchung der einem thätigen Vulcan entströmenden Gase. Es hat sich ergeben, dass dieselben, abgesehen von dem weitaus vorwaltenden Wasserdampf, an solchen Stellen, wo die Temperatur etwas über 500° C. beträgt, aus Chlorüren von Natrium, Kalium, Mangan, Eisen und Kupfer, an etwas weniger heissen Stellen (bei Temperaturen zwischen 300 und 400°) aus Chlorwasserstoff und schwefeliger Säure, an solchen von etwas über 100° C. aus Chlorammonium und Chlorwasserstoff, an solchen von ziemlich genau 100° aus Kohlensäure und Schwefelwassertoff bestehen, während in noch weiteren Abständen von dem Herd der grössten Hitze, bei niederen Temperaturgraden, Kohlensäure allein entweicht. Es ist wahrscheinlich, dass in den Gasen der unnahbaren centralen Herde auch Fluorverbindungen eine wesentliche Rolle unter den Emanationen spielen. Dies wird sich nur aus den Sublimationsproducten erweisen lassen, welche man als Auskleidungen von Spalten und Rissen an abgekühlten Stellen antrifft. Sie besitzen mineralogisches Interesse an sich, sind aber besonders wichtig als Zeugen solcher Vorgänge, welche sich der unmittelbaren Beobachtung entziehen. — Bei Lavaströmen sind zu beachten: der Ursprungsort; die Art der Oeffnung des ersten Canals, die Grösse des Querschnittes des Stromes an einzelnen Stellen; der Grad der

Zäh- oder Leichtflüssigkeit; die Natur der von der Oberfläche der Lava aufsteigenden Dämpfe und Gase; das Maass der Geschwindigkeit, mit der der Strom an einzelnen Stellen hinabfliesst; der Grad der fortschreitenden Abkühlung und Erstarrung; endlich die Art des daraus hervorgehenden Gesteins. In letzterer Hinsicht ist zu beachten, ob einzelne Mineralien vor dem Festwerden in grösseren Krystallen ausgeschieden gewesen und bei dem Fortschieben der Masse zerrissen und zerborsten worden sind.

Tritt nach einer Periode der Thätigkeit der Vulcan in den Ruhestand zurück, so sollte Aufmerksamkeit auf die Frage gerichtet werden, ob ein Zurücksinken des Kraters und seiner Umgebungen stattfindet.

Um an thätigen Vulcanen nützliche Beobachtungen anzustellen, bedarf man längerer Zeit, oder muss häufiger an denselben Ort zurückkehren. Sie sind daher besonders Solchen zu empfehlen, welche in der Nähe leben. Der Reisende kann den eigenen längeren Aufenthalt einigermaassen durch das Einziehen von Erkundigungen ersetzen und sollte möglichst viele Thatsachen über die Geschichte eines als thätig erkannten Vulcans festzustellen suchen.

Unterlage und Umgebung. — Die Aufschüttungsmassen, aus denen ein Vulcan besteht, ruhen auf einem von ihm selbst verschiedenen Fussgestell. Dasselbe kann aus einem jungeruptiven Gebirge bestehen, der Vulcan kann dem Kamm oder den Flanken desselben aufgesetzt sein (z. B. Rhyolithvulcane auf Andesitgebirgen in Ungarn), oder sich aus einer Einsenkung innerhalb des Gebirges erheben. In anderen Fällen besteht die Unterlage aus Tuffen, oder sie kann ein Vulcan selbst sein. In diesem Fall ist entweder der jüngere Vulcan ein Schmarotzer, welcher den Flanken des älteren aufsitzt und in dessen noch erhitzten, in seitliche Spalten eingedrungenen Lavamassen wurzelt; oder die Ausbruchsstelle des aus tieferen Regionen nach oben führenden Hauptcanals hat ihre Lage gewechselt, und ein neuer hoher Vulcan erhebt sich excentrisch über dem halbzerstörten Kegel eines älteren. Häufig ist jedoch älteres vulcanisches Gestein überhaupt nicht nachweisbar; der Kegel ruht auf krystallinischen Schiefern oder Flözgebirge. Die sichtbaren Theile der Unterlage werden zuweilen durch Auswürflinge fremden Gesteins ergänzt. — Sitzt der Vulcan einer

erkennbaren Unterlage unvermittelt auf, so sollte man untersuchen, ob merkbare Verwerfungen und Zerklüftungen mit seiner Entstehung verbunden gewesen sind. Andere Vulcane hingegen, und darunter viele der grössten, erheben sich aus einem Einbruchskessel. Ein solcher Kegel ist in weitem Umkreis von einem ringförmigen, meist nicht allseitig geschlossenen, nach innen gerichteten Steilabbruch umgeben, an welchem die verschiedensten, das angrenzende Land zusammensetzenden Gesteine (vulcanisches Tuffland, krystallinische Schiefer, Flözgebirge) entblösst sind. Ihre Lagerung hat keinen erkennbaren Zusammenhang mit den Grenzlinien der Versenkung. Der Aetna und der Fudjiyama erheben sich aus solchen Trichterkesseln; ihre Lavaströme finden die äusserste Grenze an den Umfassungswänden; bis zu diesen reicht das reichbevölkerte Gartenland, welches sich auf dem flachen Fuss des Kegels ausbreitet. Es giebt andere Fälle, in denen Vulcane aus der Querversenkung eines Gebirges aufsteigen. Aus einem derartigen Einbruch erheben sich der Lassens Peak und Mount Shasta in Californien. — Nicht immer ist das Verhältniss so einfach und so deutlich erkennbar. Da aber die Herstellung eines Canals, welcher den Herd des Vulcanismus im Erdinneren mit der Oberfläche verbindet, stets das Ergebniss gewaltiger mechanischer Vorgänge gewesen ist, so wird es an Spuren der letzteren niemals fehlen. Das Augenmerk ist daher in allen Fällen auf das Verhältniss der Vulcane zu dem Gebirgsbau zu richten.

Gegenseitiges Verhältniss verschiedener Vulcane. — Zuweilen tritt ein Vulcan so isolirt auf, dass das Verhältniss zu anderen, die sich in grösserer Entfernung befinden, erst nach genauer Erforschung der ganzen zwischen beiden gelegenen Gegend erkannt werden kann. Weit öfter sind mehrere einander nahe benachbart, und dann sind sie meist theilweise, öfters sämmtlich auch schon erloschen. Ihre Niederlegung auf einer Karte zeigt bald, dass sie nicht regellos angeordnet sind, sondern ein Gesetz der Vertheilung erkennen lassen. Selten kann man schon von dem Gipfel eines Vulcans aus die vollkommen gradlinige Anordnung anderer erkennen. Zuweilen stehen einige auf einer geraden Hauptlinie, andere auf Linien, welche quer zu dieser gerichtet sind. Häufiger findet sich eine Anordnung in leicht gekrümmter Bogenlinie. Auch dann ist

auf die quergestellten Vulcane zu achten. Von besonderem Interesse ist es, festzusetzen, ob die Herde der Ausbruchsthätigkeit stetig gewesen oder gewandert sind, und im letzteren Fall, ob die Wanderung entlang der Hauptlinie, oder auf den quergestellten Linien erfolgt ist. Fand sie auf den Querlinien eines Bogens statt, so haben diese eine radiale Anordnung, und es ist festzustellen, ob die Wanderung gegen das Centrum hin, oder von ihm hinweg geschah.

Dies ist der formale, auf die grossen Züge der Tektonik bezügliche Gesichtspunkt. Es bieten sich zahlreiche andere Momente für die vergleichende Betrachtung benachbarter, oder zu einem und demselben Gebirgszug analog gestellter Vulcane. Dahin gehören die Beziehungen zwischen ihrer beiderseitigen Ausbruchsthätigkeit und ihrer aus den Ausbruchsmassen erkennbaren früheren Entwickelungsgeschichte.

Ausströmen von Dämpfen, heissem Wasser und Gasen. — Eine Fülle verschiedenartiger Beobachtungen lassen sich an die Umgebungen thätiger Vulcane und der Ausbruchsstellen jüngerer Eruptivgesteine überhaupt knüpfen. Es möge hier nur auf einige der leichter anzustellenden hingewiesen werden. Theils unmittelbar mit thätigen oder erloschenen Vulcanen verbunden, theils in ihrem Umkreis, aber nur bis zu geringer Entfernung, begegnet man Erscheinungen, welche mit dem Vorhandensein von Sitzen hoher Wärme unter verschiedenen Stellen der Oberfläche, sowie mit mechanischen Vorgängen in der Tiefe in ersichtlichem Zusammenhang stehen. Hocherhitztes Wasser strömt mit mancherlei Gasen beladen aus und giebt durch meist bedeutenden Gehalt an gelösten mineralischen Stoffen Zeugniss von den Angriffen auf Gesteinsmassen, welche es an dem Ort, von dem es kommt, oder auf seinem Wege ausgeübt hat. Diejenigen Schauplätze, wo diese Thätigkeit am intensivsten ist, werden Solfataren genannt. Bald strömt Wasserdampf mit grosser Heftigkeit aus; bald brodelt kochendes Wasser in starken Quellen. Unter den am Geruch erkennbaren Gasen sind Schwefelwasserstoff und schwefelige Säure bezeichnend. Die Gesteine werden stark angegriffen; es bilden sich Ansammlungen von Schlamm, welcher selbst ein brodelnder Pfuhl wird. In ihm setzt sich häufig Schwefel ab. Derselbe kann sich zu bedeutenden Lagerstätten häufen, die, wie bei

Girgenti, nach Erlöschen der Solfatarenthätigkeit abbauwürdig werden. Auch Gyps und Alaun werden gebildet. Weisse, giftig gelbe, orangerothe und braune Farben herrschen in dem zerfressenen Gestein; der Schlamm pflegt hellgrau zu sein. Kratere im Zustand der Ruhe bewahren durch lange Zeit die Thätigkeit von Solfataren. Ausserdem finden sich diese sporadisch zerstreut in Kesseln und Spalten, sowie an den Gehängen vulcanischer Gebirge, manchmal unmittelbar von üppigster tropischer Vegetation umgeben. Man trifft sie auch in anderen Gesteinen der Umgebungen. Die Einwirkung ist besonders intensiv in vulcanischem Trümmergestein, wo das lockere Bindemittel dem unter Hindernissen durchbrechenden Wasserdampf tausend feine Canäle anweist. Der Besuch solcher Stellen ist dem Reisenden zu empfehlen, da ihre Beobachtung ein Verständniss für eine wichtige Classe vulcanischer Vorgänge und für eine Art von Zersetzungsprocessen giebt, deren leicht wiederzuerkennenden Producten man häufig an Orten, wo längst jede Spur fortdauernder Thätigkeit aufgehört hat, begegnet. Man findet sie nicht nur in den aus jüngeren Eruptivgesteinen aufgebauten Gebirgen und in deren Umgebungen, sondern trifft sie auch in Verbindung mit der vulcanischen Thätigkeit früherer Zeitalter der Erde. Es ist dann nicht immer leicht, sie mit Sicherheit zu erkennen.

Die Quellen kochenden Wassers sind zuweilen intermittirend, indem mehr oder weniger heftige Ergüsse, die sich bis zu einem Emporschleudern zu bedeutender Höhe steigern können, in rythmischer oder auch unregelmässiger Wiederholung durch Ruhepausen unterbrochen werden. Nach dem bekannten irländischen Prototyp hat man ihnen den Namen Geysir gegeben; sie sind ausserdem von Neu-Seeland und Yellowstone bekannt. Das Werk von Hochstetter (Neu-Seeland, Stuttgart 1863) giebt dem Reisenden Fingerzeige zu Beobachtungen über diesen Gegenstand, sowie über vulcanische Gegenden überhaupt. Man hat bei den Geysirn insbesondere die Intervalle der pulsirenden Thätigkeit, die Art der Eruptionen, die Beschaffenheit der wesentlich aus Kieselsinter bestehenden Absätze und die Formen der Anhäufungen derselben zu beobachten. Zuweilen findet man die letzteren an Stellen, wo jetzt kochendes Wasser nicht mehr ausströmt.

Abgesehen von Solfataren und Geysirerscheinungen kommen heisse Quellen vor, welche die bei den ersteren erwähnte Gesteinszersetzung an der Oberfläche nicht ausüben und sich von den Geysirn durch beständiges Fliessen unterscheiden. Sie sind häufig an frühere Eruptionsthätigkeit unmittelbar gebunden und finden sich z. B. mit Vorliebe an solchen Stellen, wo steile Abbrüche von Granitgebirgen von Basaltausbrüchen begleitet sind; zum Theil trifft man sie weit von den Ausbruchsherden entfernt, aber doch entlang Linien, welche diese mit einander verbinden; zum Theil heften sie sich an Dislocationslinien, welche der Spuren von Gesteinsausbrüchen ermangeln. Bei allen heissen Quellen, einschliesslich der beiden zuerst genannten Typen, sind zu beobachten: der Temperaturgrad; das Gestein, aus welchem das Wasser entspringt; die Quantität des entströmenden Wassers; das Vorhandensein oder Fehlen von Schwefelwasserstoffgeruch; der Gehalt an Kohlensäure, an Kochsalz und anderen Mineralstoffen; die Absätze aus dem Wasser, wie Kieselerde, kohlensaurer Kalk, Eisenoxydhydrat etc., falls deren überhaupt vorhanden sind; die Lage der Quellen im Verhältniss zu Gebirgen, zu Gesteinsgrenzen und Gesteinsarten, zu Spalten und Verwerfungen. In manchen Fällen bietet sich auch Gelegenheit, in den Absätzen mikroskopische Organismen zu beobachten.

Im Anschluss hieran sind die Kohlensäuerlinge zu nennen, welche grösstentheils die spätesten und letzten Nachwehen eruptiver Thätigkeit zu sein scheinen und an Wasser von geringen Temperaturgraden gebunden sind. Die Orte, wo sie vorkommen, sollten auf Karten aufgetragen werden. Sie ordnen sich in der Regel in langgestreckte Zonen, welche meist in enger Beziehung zu der Verbreitung jungeruptiver Gesteine stehen. Von um so grösserem Interesse ist ihr Vorkommen ausserhalb dieser Gebiete. — Auch als frei ausströmendes Gas in weiterer Entfernung von Vulcanen tritt die Kohlensäure auf. Man bezeichnet die Orte dieser Erscheinung als Mofetten. Sie sind an vulcanische Gegenden gebunden und bezeichnen ebenfalls die letzten Stadien der Ausbruchsthätigkeit.

Eine andere, auf dem Vorhandensein eines unterirdischen Wärmeherdes beruhende, in vielen Fällen an die Nachbarschaft von Stätten ehemaliger oder noch fortdauernder vulcanischer Thätigkeit gebundene Erscheinung ist das Ausströmen von

Kohlenwasserstoffgasen. Wahrscheinlich von der Zersetzung organischer Substanzen herrührend, können sie durch die innere Erdwärme allein erzeugt werden und finden an verschiedenen Stellen einen Ausweg nach der Erdoberfläche; aber der Anlass zu ihrer Bildung ist erhöht, wo durch besondere Umstände Wärme erzeugt wird. Dies kann z. B. durch Verschiebungen innerhalb der Erdrinde geschehen. An eine dadurch bezeichnete Linie heftet sich das Ausströmen brennbarer Gase an beiden Enden des Kaukasus. Nur in der Erscheinungsart, nicht im Wesen verschieden sind die Schlammvulcane oder Salsen: kleine Schlammkegel, aus deren Gipfel schlammiges und salzhaltiges, meist Kohlensäure und Kohlenoxyd enthaltendes und mit Erdöl vermischtes Wasser durch stark entweichendes Kohlenwasserstoffgas herausgestossen wird. Sie haben ebenfalls ihre Hauptverbreitung in vulcanischen Gegenden.

Alle hier genannte Erscheinungen bilden eine Reihe von Stadien, durch welche die vulcanische Thätigkeit allmählich zum Erlöschen kommt. Man kann sie daher in einer und derselben Gegend neben einander beobachten. Sie sind ein zeitliches Analogon für die räumliche Vertheilung der Gasemanationen, welche man während eines vulcanischen Ausbruches wahrnimmt.

Zersetzungsproducte. — Unter den Producten des Absatzes und der Umwandlung sind die schon genannten Lagerstätten des Schwefels zu erwähnen; ferner das Vorkommen von Gyps, besonders an solchen Stellen, wo vulcanische Dämpfe auf Kalkstein eingewirkt haben. Die vulcanischen Gesteine selbst sind in der mannigfachsten Weise umgewandelt. In einem ersten Stadium, wie man es an thätigen Solfataren beobachtet, sind die Zersetzungsproducte von löslichen Salzen, besonders Alaun, Gyps und anderen Sulfaten, erfüllt. Später können diese ausgelaugt werden. Es entstehen einerseits festere, zellige Gesteine, andererseits lockere Erden. Bemerkenswerth ist der Alaunfels, welcher aus verschiedenen Gesteinen, insbesondere aus Tuffen und Breccien, durch starke solfatarische Einwirkung entsteht. Unter den weicheren Erden ist neben mancherlei Thonen insbesondere die Porzellanerde zu nennen. Sie kann aus der Umwandlung vulcanischer Tuffgesteine entstanden sein; aber auch andere Gesteine sind in der Nähe

vulcanischer Herde in dieselbe verwandelt worden. Die grosse Lagerstätte von Imari in Japan beruht auf der Einwirkung von Solfatarenthätigkeit auf mürbe thonige Sandsteine. An Bedeutung und Interesse nehmen die erste Stelle die den Wegen der vulcanischen Dämpfe folgenden Gangbildungen ein, insbebesondere die edlen Erzlagerstätten. Sie sind in manchen Gegenden an die Propylite und Dacite, seltener an andere jungeruptive Gesteine gebunden.

Jungeruptive Gesteine im Allgemeinen. — Neben den oft in grosser Zahl auf kleinem Areal zusammen vorkommenden erloschenen und thätigen Vulcanen finden sich in der Regel, und zwar meist in sehr viel bedeutenderer Massenentwickelung und räumlicher Verbreitung, Anhäufungen von Gesteinen, welche den Laven von jenen nahe verwandt sind, aber Berge und langgestreckte Gebirge gleichmässig aufbauen, in denen die Gesteine nicht periklinal, sondern einer Längsaxe parallel in Zonen angeordnet,oder in Gestalt weit ausgebreiteter Tafeln abgelagert sind, und bei welchen die explosive Thätigkeit nicht als wesentliches Moment erscheint. Solche Anhäufungen sind die Erzeugnisse von Massenausbrüchen. Die Beobachtung zeigt, dass sie in jedem einzelnen Fall einer Periode eruptiver Thätigkeit von sehr langer Dauer angehören, und dass das Aufwerfen von Vulcanen nur ein verhältnissmässig unbedeutender, die Endphase von jener bezeichnender Vorgang ist. Man sollte suchen, die Anfangsphase der Ausbrüche nach geologischer Zeitrechnung festzusetzen. In den meisten Erdräumen der östlichen Hemisphäre sind die Epochen des Jura und der Kreide Zeiten des Mangels an unterirdischen Kraftäusserungen gewesen, während die Epoche des Tertiär in allen Continenten durch deren besondere Intensität ausgezeichnet war. Entweder begann die Ausbruchsthätigkeit in ihr, oder sie steigerte sich in ihr, falls sie früher angefangen hatte. In den Anden reichen die frühesten Stadien bis in die Jura-Epoche zurück. Jeder einzelne Herd hat seine eigenthümliche Entwickelung, jeder seine besondere Zeit intensivster Aeusserung, die sich dann allmählich abschwächte. Die Schauplätze der vulcanischen Thätigkeit an der Erdoberfläche sind als die nach aussen geöffneten Enden von Spaltensystemen zu betrachten; diese bilden Bruchzonen, welche zum Theil Continente in ihrer ganzen Ausdehnung durchziehen und die

meisten Herde der nächst älteren Ausbruchsperioden als Theile in sich begreifen.

Ausser den Gebirgen, welche den Massenausbrüchen jungeruptiver Gesteine ihre Entstehung verdanken, treten diese auch in Form isolirter kuppen- und glockenförmiger Hügel, besonders in der Nähe der Schauplätze ehemaliger vulcanischer Thätigkeit, auf. Die Untersuchung wird von Fall zu Fall zu entscheiden haben, ob dies Reste von Vulcangerüsten, oder Ausfüllungen der Kernräume vulcanischer Kegel sind, oder ob sie durch ein von explosiver Thätigkeit nicht begleitetes Ausströmen flüssigen Magmas an offener Erdoberfläche entstanden sind. Es scheint, dass alle drei Fälle vorkommen. Die Untersuchung der inneren Structur und das Auffinden von unter- oder zwischengelagerten Schichten von Auswurfsmaterial kann die Frage entscheiden.

Die Gesteine der Massenausbrüche treten selten in glasigen und schlackigen Modificationen auf. Ausser den Arten, welche bei Vulcanen vorkommen, sind noch Gesteine zu erwähnen, welche den alten Grünsteinen zum Verwechseln ähnlich und als Grünsteintrachyt oder Propylit bezeichnet worden sind. Sie sind für einzelne Gegenden (insbesondere die Anden von Süd-Amerika in ihrer ganzen Erstreckung, Theile der Anden von Nord-Amerika und die Karpathenländer) charakteristisch und bilden dort die ältesten Eruptionsmassen. In der Zusammensetzung den Andesiten verwandt, sind sie vielleicht nur eine, durch intensive Einwirkung fremdartiger Agentien auf das ausbrechende und erstarrende Magma veranlasste Modification, die aber von jener hinreichend abweicht, um die Propylite zu einer charakteristischen, in ihren Haupttypen leicht erkennbaren Gesteinsart zu gestalten; dieselbe ist mit den Andesiten durch ebenso allmähliche Uebergangsstufen verbunden, wie es zwischen diesen und den Trachyten der Fall ist.

Für die Massenausbrüche, aber auch nur für diese, ist eine bestimmte Altersfolge der jungeruptiven Gesteine gefunden worden. Dieselbe zeigt die eigenthümliche Reihe: Propylit, Andesit, Trachyt, Rhyolith, Basalt, und zwar hängen die Ausbrüche der ersten vier räumlich eng zusammen, während die Basalte allein ihr eigenthümliches, grossentheils unabhängiges Verbreitungsgebiet haben. Beobachtungen über diese Verhältnisse des relativen Alters, der räumlichen Anordnung und Ver-

breitungsart liegen erst über einzelne Gegenden vor; jede Erweiterung derselben ist erwünscht.

Die von Vulcanen ausgeworfenen und ausgeströmten Gesteine haben noch eine besondere Verwandtschaftsbeziehung zu Felsarten früherer Zeitalter. Denn auch in der paläozoischen und im Beginn der mesozoischen Aera fanden Ausbruchserscheinungen statt, welche denen der heutigen Vulcane genau entsprachen. Diese weit zurückliegenden Vorgänge, deren mineralische Erzeugnisse meist tief unter den Schichtmassen vergraben sind, und welche nur dem Auge des geübten Geologen erkennbar sind, hängen auf das engste mit der gesammten eruptiven Thätigkeit damaliger Zeit zusammen und bilden nur einzelne Phasen in ihr.

4. Beobachtungen an älteren Ausbruchsgesteinen.

Massengesteine fehlen vielen Erdräumen gänzlich; wo sie aber vorkommen, finden sie sich meist in grösserer und artenreicher Entwickelung. Abgesehen von den ältesten, mit Gneiss verbundenen Graniten, können auch sie überall als fremdartige, parasitische Gebilde bezeichnet werden; daher entgehen sie nicht leicht der Beobachtung. Ihre Verschiedenheit untereinander beruht, wie an anderer Stelle angegeben wurde, einerseits in der chemischen und mineralischen Zusammensetzung, deren Unterschiede wesentlich in den Erdtiefen, aus denen das Material ursprünglich stammt, begründet sind, andererseits in der Textur, d. h. in der relativen Ausbildungsart der einzeln an der Zusammensetzung theilnehmenden Mineralien, welche (abgesehen von der Wirkung des in dem Magma enthalten gewesenen überhitzten Wassers) wesentlich eine Function der Erstarrungsvorgänge ist. Man neigt mehr und mehr zu der Ansicht, dass in jeder Periode gleichzeitig Gesteine von verschiedenen Texturabänderungen aus demselben Magma entstehen konnten. Langsame Erstarrung in grossen Erdtiefen würde die Ausbildung granitischer Textur veranlassen, porphyrische Textur dadurch entstehen, dass die Ausscheidung grösserer Krystalle unter ähnlichen Bedingungen begann, das noch flüssige Magma aber durch Aufsteigen in Spalten nach geringen Erdtiefen oder an die Oberfläche gelangte, wo in schnellerem Verlauf eine feinkörnige krystallinische Erstarrung des Restes erfolgte; bei noch grösserer

Beschleunigung würde mindestens ein Theil desselben glasig erstarren und dadurch die grosse Mannigfaltigkeit der durch vulcanische Ausbrüche zu Tage geförderten Gesteine zu erklären sein. Die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung, der Grad der Beimengung überhitzten Wassers und mancher geringfügig erscheinender Stoffe beeinflussen ausserdem die petrographische Ausbildung. Die Textur hängt somit nicht in dem früher angenommenen Grade mit dem geologischen Alter der Eruptivgesteine zusammen; es würde wesentlich von dem Betrag der äusseren Denudation abhängen, ob sich an der jetzigen Oberfläche noch solche Gesteine zeigen, welche an der früheren als wirkliche „Ausbruchsgesteine“ erstarrten, oder solche, deren Auskrystallisirung in geringerer oder grösserer Erdtiefe erfolge.

Diese Gesichtspunkte können für die Beobachtung leitend werden. Findet man Eruptivgesteine mit Schichtgebilden wechsellagernd und gleichzeitig Material für deren Zusammensetzung abgebend, so gehören sie dem Alter derselben an, und für die Untersuchung gelten dieselben Gesichtspunkte, wie für die jungeruptiven Gesteine; man kann in mancher Gegend eine Geschichte der Vulcane des permischen oder Trias-Zeitalters construiren. Bilden Eruptivgesteine Gänge, die durch die Erdoberfläche abgeschnitten werden, so ist diese nicht mehr die frühere Oberfläche; die Gänge sind jünger als das umgebende Gestein und ihre Ausfüllung geschah in gewisser Tiefe. Grosse unregelmässige Massen können ihren Ursprung in Massenausbrüchen (S. 204) an der Erdoberfläche haben, was manchmal nicht leicht zu entscheiden ist; sie können auch als „Lakkolithen“ sich zwischen ältere Schichtmassen in solcher Weise eingedrängt haben, dass sie von diesen überwölbt wurden; dann wird man in der Regel noch Reste derselben finden; sie können auch als Ausfüllung ausgedehnter Hohlräume in grossen Erdtiefen langsam erstarrt sein; davon wird die granitische Textur Zeugniss geben. Wo man diese findet, wird daher, falls die Anschauung nicht Ausnahmen erleiden sollte, eine sehr bedeutende Abräumung von Gesteinsmassen stattgefunden haben; die Ausfüllung muss mithin jünger sein, als die umgebenden Sedimentgesteine, aber älter als die Periode der Abräumung. Zu grösserer Sicherheit erheben sich diese Schlussfolgerungen bezüglich der Gesteine mit granitischer Textur,

wenn sie eine erhebliche metamorphische Einwirkung auf die Sedimentgesteine ausgeübt haben, und diese von Ausläufern der Ausfüllungsmassen gangartig durchzogen werden.

Der Reisende wird sich gewöhnlich damit begnügen müssen, die Ausbruchsgesteine nach ihrem makroskopisch erkennbaren Charakter und der Art ihres Auftreten mit Rücksicht auf die umgebenden Gesteine zu studiren. Zuweilen mag es ihm gelingen, Material zur Aufklärung ihres allgemeinen geologischen Verhaltens beizubringen. Es mögen hier nur noch einige weitere Winke betreffs einzelner Gesteine gegeben werden.

Granit. — Man kann zwei verschiedene Arten des Auftretens der Granite unterscheiden: 1) in Verbindung mit Gneiss, so dass beide Gesteine unmerklich in einander übergehen. Die Glimmerblättchen, welche im Granit regellos zerstreut sind, nehmen parallele Lagerung an, und durch zunehmende Vervollkommnung der Parallelstructur entsteht wirklicher Gneiss. Die Uebergänge wechseln häufig mehrere Male in geringer Entfernung. Dieser Gneissgranit oder Urgranit ist vielleicht, da ältere Gesteine nicht bekannt sind, als ein Theil der Erstarrungsrinde der Erde anzusehen. — 2) in die Lagerung von krystallinischen Schiefern und Sedimentgesteinen in abnormer Weise eingreifend. Diese als eruptiv zu bezeichnenden Granite bilden unregelmässig begrenzte Massen (Stöcke) von grosser Ausdehnung, deren Liegendes kaum jemals mit Sicherheit gefunden worden ist, und zeichnen sich in der Regel durch nach oben gewölbte, schalenförmige Absonderung und die senkrechte Zerklüftung der Schalen nach zwei zu einander rechtwinkeligen Richtungen aus. Die von den dreifachen Kluftflächen aus fortschreitende Verwitterung bringt eine Auflösung in rundliche Blöcke hervor, welche bald in unregelmässiger Anhäufung an der Ursprungsstelle liegen bleiben und abenteuerliche Formen auf Bergrücken bilden, bald an den Abhängen hinabrollen und regellos aufeinander lagern, so dass Höhlungen (in manchen Ländern die Stätten religiöser Einsiedler) zwischen ihnen bleiben. Wo eruptive Granite im Sedimentgebirge auftreten, sind diese gewöhnlich bis auf beträchtliche Entfernung zu Gesteinen vom Charakter der krystallinischen Schiefer metamorphisirt. Solche Stellen sind stets eingehender Untersuchung werth. Der veränderte Kalkstein ist häufig reich an schön krystallisirten Mineralien.

Der eruptive Granit tritt auch in Gängen auf; sie sind besonders in der Nachbarschaft der grossen Stöcke desselben zahlreich. Oft wird er selbst wieder von Gängen meist feinkörnigen Granits, aber auch von solchen von Pegmatit durchsetzt. Auch Quarzgänge pflegen in den metamorphischen Zonen und im Granit selbst häufig aufzutreten. Sie helfen zuweilen zur Altersbestimmung des letzteren, indem man beobachtet, welches die jüngsten von ihnen durchzogenen Gebilde sind. In manchen Gebirgen sind diese Gänge goldführend.

Andere Eruptivgesteine. — Nach Abzug der jugendlichen und vulcanischen Gesteine, welche ihre eignen Verbreitungsgebiete haben und selbst dort, wo sie in älteren Gebirgen auftreten, individualisirte schmarotzerhafte Massen bilden, die man leicht von dem Gesammtbau getrennt überblicken kann, und des Granits, bleiben noch eine grosse Anzahl wichtiger und häufig vorkommender Gesteine übrig, welche eine lange Kette zwischen den Endgliedern Granit und Lava bilden und durch analoges geologisches Auftreten wie durch analoge Entstehungsweise untereinander verbunden sind. Es giebt kieselsäurereiche oder saure Gesteine, wie Granit, Syenit, Quarzporphyr und Porphyrit, und kieselsäurearme oder basische, zu welchen der Diabas, der Diorit, die dunklen Porphyre (Melaphyr und Augitporphyr) und die verschiedenen Grünsteine gehören. Die sauren Gesteine nähern sich in der Grösse ihrer Ausbruchsmassen, wie sie besonders dem Quarzporphyr und Porphyrit eigenthümlich sind, dem Granit; die basischen trifft man vorwaltend in Gängen, welche die Sedimentgesteine durchsetzen, sich oft vielfach verzweigen, und entweder blind endigen, oder gegen die Oberfläche hin in Kuppen, Decken und Lager übergehen, die zuweilen wieder von anderen Sedimentgesteinen bedeckt sind. Diese Formen trifft man auch bei sauren Gesteinen, aber seltener ahmen die basischen die grossen Ausbruchsmassen der letzteren nach. Erst unter den jungeruptiven Gesteinen erhalten die basischen die Oberhand.

Die Anwesenheit, Lagerungsform und Verbreitung gewisser Eruptivgesteine nachgewiesen zu haben, ist an sich von Interesse. Doch wird dasselbe erhöht, wenn man in jeder einzelnen Gegend das Alter und die Aufeinanderfolge der einzelnen Gesteinsarten festsetzen kann. Ersteres bestimmt man, soweit es möglich

ist, aus dem Alter der unterlagernden und durchsetzten Schichten, welche älter sind, und der überlagernden Gesteine, welche jünger sind als das Eruptivgestein. Die Aufeinanderfolge ergiebt sich aus den gegenseitigen gangartigen Durchsetzungen verschiedener Eruptivgesteine, sowie aus den Fragmenten, welche einzelne derselben umschliessen, indem im ersteren Fall das durchsetzte Gestein, im zweiten dasjenige von dem die Einschlüsse stammen, das ältere sein muss. Bei den Conglomeraten ist zu beachten, ob die Einschlüsse eckig oder gerundet sind, ob die ganze Gesteinsmasse sich structurlos hoch aufthürmt, oder in dicken Bänken, oder in dünneren Schichten abgelagert ist. Im letzteren Fall sind sie unter Wasser abgesetzt und meist wird es sich dann ergeben, dass auch die Gesteinsausbrüche unter Wasser stattfanden. Mit den Conglomeraten wechseln alsdann Sedimente, in denen die Bruchstücke des Eruptivgesteins sandartig klein sind, und andere, in denen sie erdig werden und nicht mehr erkennbar sind. In Südtyrol sind z. B. die Ausbrüche des Augitporphyrs mit solchen Tuffablagerungen in grosser Mächtigkeit verbunden. Sie umschliessen Reste von Thieren und Pflanzen, welche sie hinsichtlich des Alters einem bestimmten Niveau der Triasformation zuweisen. So auch wird man überall, wo derartige submarine Ablagerungen den Ausbrüchen verbunden gewesen sind, nach Versteinerungen zu suchen haben, aus denen sich unmittelbar das Alter des Eruptivgesteins ergiebt.

5. Beobachtungen über nutzbare Mineralien.

Der Begriff „nutzbare Mineralien“ ist weit und unbestimmt. Ein Erz oder Mineral, welches in einer Gegend von höchstem Nutzen ist, kann in einer anderen fast oder ganz werthlos sein. Der Reisende sollte nun zwar überall in weniger bekannten oder unbekannten Ländern seine Aufmerksamkeit diesem Gegenstand zuwenden, da die Möglichkeit, Ergebnisse von praktischer Bedeutung zu gewinnen, häufig vorhanden ist. Aber gleichzeitig sollte er mit Sorgfalt alle Umstände prüfen, welche die Gewinnung und die Verwerthung eines Minerals betreffen, um nicht unerfüllbare Hoffnungen zu erwecken oder erfolglose Unternehmungen zu veranlassen. Vorsicht ist besonders Denen anzurathen, welche entweder überhaupt nur unbestimmte Vorstellungen von den Bedingungen der Verwerthbarkeit besitzen,

oder ihre Erfahrungen einem Land entnehmen, wo Gewinnungskosten, Werth des Minerals und Verfrachtungsmittel in günstigem Verhältniss stehen. Solchen wird es oft schwer, eine andere Combination der verschiedenen Bedingungen in richtiger Weise zu würdigen. Ausgezeichnete Kenner haben Missgriffe begangen, wenn sie von einseitiger Erfahrung ausgegangen sind.

Es ist nicht möglich, betreffs der praktischen Gesichtspunkte bestimmte Regeln anzugeben. Eine mässig reiche Erzlagerstätte kann bei schlechten Beförderungsmitteln und grosser Entfernung von dem Ort der Zugutemachung gewinnbringend sein, eine andere, noch reichere, allein durch den Umstand eines regenlosen Klimas dem Abbau unüberwindliche Schranken entgegensetzen oder durch die Lage in einer schwer zugänglichen Gebirgsgegend jeden Gewinn ausschliessen. Sind billige Arbeitskraft, gutes Brennmaterial, Wasserkraft und leichte Beförderungsmittel vorhanden, so ist oft eine arme Lagerstätte noch mit Erfolg auszubeuten. Es ist eben eine Summe von Bedingungen erforderlich, von denen in seltenen Fällen alle einen positiven, häufiger dagegen einige einen positiven, andere einen negativen Werth haben. Oft kann nur die sorgfältigste Berechnung ergeben, ob die Gesammtsumme positiv oder negativ ist.

Im Folgenden sollen nur die wichtigsten unter den nutzbaren Mineralien in Kürze behandelt werden.

a. **Steinkohlenlagerstätten.** — Wo Steinkohle bergmännisch nicht gewonnen wird, kann nur ein glücklicher Zufall auf ihre Entdeckung führen. Denn selbst wenn man mit Hilfe von Versteinerungen das Vorhandensein der Steinkohlenformation nachweist und sie in einer solchen Weise entwickelt findet, wie sie in anderen Ländern die günstigste für die Führung von Kohle ist, kann man doch einerseits nicht mit Sicherheit auf deren Vorkommen rechnen, und andererseits selten hinreichende Aufschlüsse erhalten, um darüber etwas festzustellen. In vielen Ländern haben die Eingeborenen die Eigenschaften der Steinkohle kennen gelernt und beuten sie so weit aus als ihre einfachen Mittel es erlauben. Gelingt es, die Orte auszukundschaften wo dies geschieht, so geben sie passende Anhaltspunkte für den einzuschlagenden Reiseweg; denn man darf an ihnen, neben der Möglichkeit praktisch wichtiger Erfolge, stets allgemein werthvolle geologische Aufschlüsse erwarten, für die es sonst oft schwer ist einen Fingerzeig zu erhalten.

Kommt man an einen Ort, wo Bergbau getrieben wird, so hat man zuerst den Charakter der Kohle, des Flözes, welches sie führt und der einschliessenden Schichten zu untersuchen. Ist die Kohle von schwarzer oder schwarzbrauner Farbe? oder giebt sie, wenn sie schwarz ist, beim Zerreiben oder Ritzen ein braunes Pulver? ist sie fest oder zerfallend, spröde oder mild, mit dem Messer schwierig oder leicht zu ritzen? hat sie einen muscheligen, splitterigen oder erdigen Bruch? ist sie in Lagen abgetheilt (schieferig) oder homogen, oder spiegelklüftig? enthält sie Verunreinigungen (erdige oder schieferige Bestandtheile, Schwefelkies, dünne Blättchen von Dolomit), oder ist sie frei davon? brennt sie ohne Flamme und Rauch, oder auch nur mit einer schwach bläulichen, nicht leuchtenden Flamme (in beiden Fällen Anthracit), oder mit schwacher gelber und wenig russender Flamme (magere Kohle), oder mit langer stark russender Flamme (fette Kohle)? Geschieht beim Verbrennen ein Aufkochen und Zusammenbacken der Stücke (kokende oder backende Kohle), oder verbrennen sie ohne merkliche Aenderung und ohne sich zu vereinigen (Schmiedekohle)? Bleibt viel oder wenig Asche zurück? ist diese im ersteren Fall fein und leicht, oder bleibt sie in Stücken (Klinker)? Brennt die Kohle leicht bei offener Luft, oder bedarf sie eines starken Zuges? Wird am Orte selbst Koks bereitet und wie geschieht dies? wie sind die Oefen construirt, in denen die Eingeborenen die Kohle verbrennen?

Den Charakter des Flözes kann man nur durch Befahren der Grube wirklich kennen lernen. Dies ist oft nicht ausführbar und man ist auf Ausfragen angewiesen. Die Angaben über die Mächtigkeit lassen sich controliren, indem man die Länge der Grubenhölzer, welche als Stützen dienen sollen, misst. Es fragt sich dann, ob die Kohle in der ganzen Mächtigkeit des Flözes gleich ist, oder in den hangenden oder liegenden Theilen einen anderen Charakter annimmt. Es ist ferner zu erforschen, ob mehrere Flöze über einander aufgeschlossen, und durch wie viel Zwischenmittel sie von einander getrennt sind. Man erhält darüber meist unbefriedigende Auskunft, da die angewendeten einfachen Methoden gewöhnlich nur den Abbau eines Flözes durch eine Grube erlauben. Wenn die Flöze unter einem Winkel gegen die Oberfläche geneigt sind, so wird in der Regel eine im Schichtenstreichen gelegene Reihe

von Gruben ein Flöz bezeichnen. Findet sich dann in gewissem Abstand eine andere, parallele Reihe von Gruben, so sollte man aus der Beobachtung der Schichten zu ermitteln suchen, ob sie ein zweites Flöz, und ob fernere Reihen von Gruben noch andere Flöze bezeichnen, oder ob man es mit Verwerfungen zu thun hat. In Gebirgsgegenden kann man die Flöze oft an Thalgehängen oder an den Wänden von Erosionsfurchen in Schichtendurchschnitten aufgeschlossen sehen. Sie sind dort so verändert, dass man den Charakter der Kohle und die Mächtigkeit nicht beurtheilen kann; aber die Frage der Mehrheit der Flöze und ihrer Abstände lässt sich alsdann lösen.

Das Studium der einschliessenden Schichten ist wichtig, theils weil man nur dadurch die geologische Epoche bestimmen kann, welcher die Kohle angehört, theils weil man vermittelst derselben in den Stand gesetzt wird, festzusetzen, ob andere Flöze, die man in derselben Gegend findet, sich mit dem ersten in gleicher Lagerung befinden, oder von ihm hinsichtlich der Stellung in der Schichtenreihe verschieden sind. Fast immer sind Steinkohlenflöze von dunklen Schieferthonen, welche aus Schlammabsätzen enstanden sind, begleitet, entweder nur im Liegenden, oder im Liegenden und Hangenden, während die einzelnen Flöze mit ihren zugehörigen Schiefern durch Schichten von Sandstein und Conglomeraten von einander getrennt sind, und das oberste häufig noch durch sehr mächtige Folgen meist rother Sandsteine überlagert wird. Die Schiefer führen fast stets Pflanzenabdrücke, diejenigen des Liegenden hauptsächlich die Wurzelstöcke, diejenigen im Hangenden die Stengel und Blätter. Wenn Flöze geringe Mächtigkeit haben, werden zur Erleichterung des Abbaues Theile der hangenden Schiefer, seltener Theile der liegenden, mit gefördert und auf Halden gestürzt. Hier hat man sorgfältig nach Pflanzenresten mit deutlich erhaltener Blattnervatur zu suchen, aus denen das Alter der Formation bestimmt werden kann. Es giebt auch Kohlenflöze, welche zwischen Schichten von Kalkstein lagern; doch auch sie sind fast ausnahmslos von Schiefern begleitet. Der Kalkstein wird an der Grenze der Schiefer gewöhnlich mergelig und umschliesst Meeresconchylien, welche eine noch sicherere Altersbestimmung als die Pflanzen erlauben. Besonders werthvoll ist die letztere, wenn die Versteinerungen aus Schichten stammen, die zwischen den Flözen liegen.

Die Steinkohle kann in Schichten von sehr verschiedenem Alter auftreten. Sie fehlt gänzlich den archaischen Formationen und kommt im Silur und Devon so selten und untergeordnet vor, dass man auf ihr Aufsuchen nicht viel Mühe verwenden sollte, wenn Versteinerungen auf diese Altersstufen des Schichtgebirges schliessen lassen. Erweisen sie hingegen diejenige des weit verbreiteten und meist durch Fossilführung gut charakterisirten Kohlenkalkes, oder des ihn vertretenden, schwer erkennbaren Kulm, so befindet man sich an der Basis der eigentlichen „productiven Steinkohlenformation.“ Der Kohlenkalk oder Bergkalk ist meist sehr mächtig und bildet ein wichtiges Glied im Bau vieler Gebirgsländer. Er führt zuweilen Steinkohlenflöze, die aber meist von untergeordneter Bedeutung sind. Erst die Sandsteine und Schieferthone, welche sich oft viele tausend Fuss mächtig über ihn lagern, enthalten weitaus den grössten Theil des Steinkohlenreichthums der Erde. In einigen Ländern zerfallen sie in die zwei deutlich getrennten Glieder des Carbon und des Rothliegenden, in anderen bilden sie eine continuirliche, untrennbare Reihe. Wegen ihrer leichten Zerstörbarkeit sind sie über weite Landstriche den denudirenden Agentien vollständig unterlegen und haben den Kohlenkalk als Oberflächengebilde zurückgelassen. Bei horizontaler Lagerung sind sie erhalten, wenn andere Schichtgesteine oder schützende Decken von Eruptivgesteinen oder festen Conglomeraten sich darüber ausbreiten, oder wohl auch, wenn das aus Carbon bestehende Tafelland sich dauernd in relativ tiefer Lage befand. Wo hingegen die steinkohlenführenden Schichten an den Faltungen und Verwerfungen der Gebirge theilnehmen, wurden einzelne Theile von ihnen stark exponirt und durch Denudation leicht entfernt, während andere, und zwar besonders die Muldentheile der Falten, in tiefe und geschützte Lage kamen. Man findet daher das productive Carbon in der Mehrzahl der Fälle in muldenförmiger Lagerung, welche die Auffindung und Untersuchung ebenso wie den Abbau erschwert.

Alle Sedimentformationen, welche jünger als Carbon sind, können Steinkohlenflöze enthalten. Lias und Jura sind oft reich daran und scheinen, nach den aus den fossilen Pflanzenresten gezogenen Schlussfolgerungen, in dem vom Himalaya bis zum südlichen Australien gelegenen Theil der Erde diejenigen Zeitalter darzustellen, welche der Bildung von Steinkohlenflözen

am günstigsten waren. Auch in der Kreide-Epoche sind solche von guter Beschaffenheit abgelagert worden, z. B. in Japan und an der Westküste von Amerika. Das Tertiär umschliesst sehr häufig Flöze von Braunkohle, die aber auch von Bedeutung sein können.

Wo immer der Reisende Steinkohle findet, sollte er sich bestreben, eine genaue Aufnahme des Kohlenfeldes herzustellen. Die Arbeit wird wesentlich erleichtert, wenn Grubenwerke Aufschluss über die Lagerung geben. Mit Compass, Bleistift und Papier verfolgt man die Lagerung bis zu den Grenzen gegen ältere Formationen, wenn sich diese feststellen lassen, und verfertigt eine Skizze von dem gesehenen Theile des Kohlenfeldes, sowie Entwürfe der Lagerungsverhältnisse, mit genauer Einzeichnung aller Streichrichtungen und Fallwinkel. Der einfachste Fall ist gegeben, wenn kohlenführende Schichten ungestört in einer von älteren Gesteinen im Halbkreis begrenzten Bucht gelagert sind. Besonders findet man tertiäre Braunkohle, sowie überhaupt jüngere Kohle häufig unter solchen Verhältnissen. Zuweilen sind es nur kleine Becken, zuweilen sind sie von ausserordentlicher Grösse. Durch Auseinandertreten der beiden Flügel entstehen Uebergänge dieser Buchteinlagerungen in solche Kohlenfelder, deren Schichten einem Gebirge vorliegen und demselben angelagert sind, und endlich in solche, welche eine ganze Mulde zwischen zwei Gebirgen ausfüllen oder eine tafelartige Decke von grosser Ausdehnung bilden. Grössere Schwierigkeit bietet sich der Untersuchung, wenn durch nachträgliche Störungen die kohlenführenden Schichtensysteme Verwerfungen und Faltungen erfahren haben, von Eruptivgesteinen durchbrochen und zum Theil durch Erosion fortgeführt sind. Die Kohlenschichten werden dann zu Nebenzonen von Faltungsgebirgen aufgebogen, oder bilden ein welliges Land zwischen zwei Gebirgen, oder sind hier und da in einem, zwischen anderen Schichtgesteinen eingeklemmten und hoch aufgerichteten Fragment einer alten Buchteinlagerung mitten in Gebirgen anzutreffen. Solche Umstände sind von der grössten Wichtigkeit für die Bestimmung des ökonomischen Werthes des Kohlenfeldes. Wissenschaftliche Ausbeute erhält man oft am reichsten von solchen, welche nur einen untergeordneten praktischen Werth haben; es sollte daher keines seiner geringen Bedeutung wegen übersehen werden.

Der ökonomische Werth eines Kohlenfeldes hängt ausser von der Lagerung und der Beschaffenheit der Kohle auch von der geographischen Lage ab. Wo Bergbau stattfindet, ist es von Interesse zu wissen, wie weit das Product gegenwärtig verführt wird, und wie weit es bei Verbesserung der Verkehrsmittel verführt werden könnte. Die Entfernung nach einem Hafenplatz oder einem schiffbaren Fluss sollte stets erfragt und die Gelegenheit zur Anlage vollkommenerer Beförderungsmethoden erforscht werden. Auch sind Angaben über die beim Bergbau angewendeten Methoden, die Mittel zur Förderung und Wasserhebung, den Betrag der täglichen Förderung, die Kosten derselben, die Höhe des Tagelohns, die Preise der Materialien stets erwünscht; sie müssen sofort in das Notizbuch eingetragen werden. Man kann damit unmittelbar die Untersuchung über die Möglichkeit der Einführung eines vervollkommneten Betriebes verbinden.

b. **Erzlagerstätten im festen Gestein.** — Der Reisende sollte nie unterlassen, zu erfragen, woher das Eisen, Kupfer, Blei, Zink, Silber, Gold, das die Eingeborenen anwenden, bezogen wird. Nur nach oft wiederholter Erkundung kann er einigermaassen sicheren Aufschluss bekommen. Ergiebt sich daraus, dass er Gelegenheit hat, eine Erzlagerstätte zu besuchen, so sollte er sie nicht versäumen.

Manche gehen in wenig bekannte Länder mit der Erwartung, neue, auch den Eingeborenen nicht bekannt gewesene Lagerstätten von Erzen und Mineralien zu entdecken. Betreffs der Steinkohle kann es allerdings gelingen, wenigstens sichere Spuren ihres Vorkommens und gegründeten Anhalt für Schürfung zum Zweck der Prüfung der Abbauwürdigkeit zu finden. Hinsichtlich der Lagerstätten von Metallen aber wird dies nur in äusserst seltenen Fällen sofort der Fall sein. Der „eiserne Hut“, welcher aus den zersetzten Massen am Ausgehenden der Erzgänge besteht und dem Kundigen dieselben anzeigt, während er sie dem Unkundigen verbirgt, ist in vegetationslosen Felsgebirgen oft weithin kenntlich; man sollte dann die Mühe nicht scheuen, die unscheinbaren, rostbraun gefärbten Bestandtheile desselben genau zu untersuchen; aber in der Regel ist er durch Pflanzenwuchs oder Erdboden vollständig verhüllt. Zufällige Funde im Schutt leiten oft zuerst zu der Auffindung von Erzspuren. Sucht man ihren Herstammungsort auf, so

kann es gelingen, eine Erzlagerstätte zu entdecken. Aber dies ist schwierig und setzt Erfahrung voraus. Uebung darin haben sich die sogenannten, meist wissenschaftlich ganz ungebildeten „Prospectors“ von Californien, den amerikanischen Weststaaten überhaupt und Australien auf rein empirischem Weg in einem oft bewunderungswerthen Grad erworben, und sie sind im Allgemeinen am erfolgreichsten, was neue Funde in jenen an kahlen Stellen sehr reichen Gegenden betrifft. Aber Vieles entgeht auch ihrem Blick. Ueberall bereitet sorgfältige geologische Erforschung am besten und sichersten die Wege, um im Lauf der Zeit die Lagerstätten von Mineralien und Erzen aufzufinden. Insbesondere hilft sie dazu, die Gebiete, in welchen man nach Erzen oder Kohlen suchen kann, räumlich einzuschränken, dagegen diejenigen, in denen jedes Suchen aussichtslos sein würde, von vornherein auszuschliessen. Leuchtet auch, z. B. bei neuem Colonialbesitz, der Vortheil einer kostspieligen geologischen Erforschung und Kartirung nicht sofort ein, so kann sie doch nicht allein durch unmittelbare Auffindung des Nutzbaren praktischen Erfolg haben, sondern auch insbesondere durch die angedeutete räumliche Beschränkung des für Bergbau in Betracht zu nehmenden Areals einen weit grösseren Betrag von Kosten als sie selbst verursacht, ersparen. Man gewinnt durch sie eine feste Grundlage. An ihrer Hand kann man gleichsam bei Tageslicht suchen, während man ohne sie auf das Tappen im Dunklen angewiesen bleibt.

Eisenerze sind besonders wichtig, wenn sie in einer steinkohlenführenden Formation auftreten. Sie halten sich dann gewöhnlich an schieferig-thonige Einlagerungen, denen sie in kleineren oder grösseren Nestern inneliegen; seltener bilden sie fortlaufende Lager. *Thoneisenstein* und *Brauneisenstein* walten unter solchen Verhältnissen vor. Es ist die Art der Vertheilung, die relative Menge des Erzes und seine Qualität zu untersuchen. Belegstücke sollten sowohl von den besten Sorten als von den an Masse vorwaltenden gesammelt werden. Eine beachtenswerthe Form des Vorkommens findet sich häufig an der Grenzfläche von Kalkstein und überlagernden thonigen Gebilden; in grossen unregelmässigen Höhlungen an der Oberfläche der Kalksteine liegen Eisenerze mit bunten Thonen. Man sollte untersuchen, ob sie ihre Entstehung der Auflösung und Fortführung eines Theiles der Kalksteine verdanken. Werth-

voll sind derartige Vorkommnisse besonders, wenn sie an der oberen Fläche des Bergkalkes auftreten, und steinkohlenführende Schichten darüber lagern. Die Thone können dann für Verhüttungsprocesse Wichtigkeit haben. — *Magneteisenstein* und *Rotheisenstein* bilden Lagerstätten von grossartigem Umfang, vorwaltend in krystallinischen Schiefern. Bei ihnen sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen: Welches sind die begleitenden Gesteine? (es ist besonders auf Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, krystallinischen Kalkstein und Serpentin zu achten). Finden sich massive Erzkörper in regelmässigen Zwischenlagern (Mächtigkeit, Anzahl, Fallen und Streichen, Art der trennenden Mittel), oder in mächtigen linsenförmigen oder stockförmigen Massen (Ausdehnung derselben)? Wie verhält sich deren längste Axe zum Streichen und Fallen der Schichten? Sind die Nebengesteine von Erzen imprägnirt (Falbänder)? Welche Mineralien finden sich als Verunreinigungen in den Erzkörpern? — *Eisenkies* tritt, abgesehen von seinem überaus häufigen untergeordneten Vorkommen, in sehr ausgedehnten Zwischenlagern und Reihen ungeheurer Linsen in Thonschiefern und Glimmerschiefern auf. Er wird zur Darstellung von Eisen nicht verwendet, ist aber in dieser Art des Auftretens in neuerer Zeit durch den gewöhnlich vorhandenen geringen Gehalt an Kupfer zu einem wichtigen Erz für die Gewinnung dieses Metalles geworden (besonders in Südspanien). — *Spatheisenstein* findet sich, gleich den genannten Erzen, in Gestalt grosser Einlagerungen in den älteren Formationen. Die Entstehungsweise dieser verschiedenen mächtigen Erzkörper ist ein noch ungelöstes Problem. — Auch der *Raseneisenstein*, welcher sich unter dem Einfluss der Vegetation an sumpfigen Stellen bildet, ist zuweilen von Bedeutung, und in manchen Gegenden (Central-Afrika) scheint Eisen aus Laterit gewonnen zu werden.

Die anderen Metalle kommen, mit Ausnahme einiger nicht unwichtiger Kupfererzlagerstätten, vorwaltend auf Erzgängen vor, d. h. in Spalten, welche verschiedene Gesteine durchsetzen und auf dem Wege chemischen Niederschlages, insbesondere, wie es scheint, durch Auslaugung des Nebengesteins, durch Sublimation von unten und durch aufsteigende Thermalgewässer, ausgefüllt worden sind. Ihre Bildung hängt in der Regel mit Vorgängen zusammen, welche das Aufsteigen von Eruptivgesteinen durch andere Spalten zur Folge hatten. Das

Studium der letzteren in Erzdistricten wird dadurch besonders wichtig; denn allgemeine Schlüsse lassen sich erst aus der Ansammlung zahlreicher Thatsachen ziehen. Da die jüngsten Schichtgebilde auch nur von den jüngsten Eruptivgesteinen, die älteren aber von denen verschiedener Zeitalter durchbrochen werden konnten, so ist es wahrscheinlich daraus zu erklären, dass, je älter eine Formation, desto grösser im Allgemeinen ihr Reichthum an Erzgängen und die Mannigfaltigkeit derselben ist.

Bei dem einzelnen Erzgang ist zu untersuchen: das Streichen und Fallen; die Mächtigkeit in verschiedenen Theilen; ferner die Grenze gegen das Nebengestein; das Gangmittel kann scharf gegen dasselbe abgegrenzt sein und ist dann gewöhnlich durch eine dünne, lettige Lage (Besteg) davon getrennt, oder es kann (und dies ist oft am Hangenden der Fall) allmählich in dasselbe übergehen, indem zahlreiche Bruchstücke des Nebengesteins dem Gangmittel inneliegen, und das letztere in zersetzte Massen von jenem eingreift, oder sich in kleinen Gängen und Schnüren hinein verzweigt. Es kann dann eine Zertrümmerung des Hangendgesteins durch Gleitung vorliegen. Ueberhaupt ist jeder Gang auf die Verschiebung der beiden einschliessenden Gesteinskörper zu untersuchen. Dieselbe liegt, da grosse Bruchflächen stets uneben sind, der Erscheinung zu Grunde, dass eine Gangspalte Stellen der Erweiterung und der Verengung hat und sich an anderen Stellen vollkommen schliesst. — Es ist ferner das Gangmittel zu untersuchen, ob es Quarz, Kalkspath, Eisenspath, Flussspath, Schwerspath, oder nur Erz ist; ferner die Erzvertheilung: sind die Erze eingesprengt, oder in abwechselnden, den Seitenwänden parallelen Lagen angeordnet? und wie ist die Aufeinanderfolge? Finden sich hohle, mit Drusen bekleidete Räume, und wie folgen in diesen die Mineralien auf einander? Selten ist ein Gang in seiner ganzen Ausdehnung in gleicher Weise von Erzen erfüllt; sondern wenn man einen horizontalen Querschnitt durch den Gang legt, wechseln in gewissen Entfernungen erzarme und erzreiche Mittel. Es hat sich an vielen Gängen gezeigt, dass die reichen Mittel einzelne Erzkörper darstellen, welche in schiefer Richtung nach der Tiefe ziehen. Der Abbau wird darüber Aufschluss geben. Ebenso hat sich oft gezeigt, dass die Erzführung aufhört oder sich ändert, wenn der Gang in

ein anderes Gestein übersetzt; auch darüber sind Thatsachen zu sammeln. Wo mehrere Gänge vorhanden sind, hat man ihre Anordnung zu untersuchen; namentlich ist festzustellen, ob sie sämmtlich in ihren Flächen einander parallel gerichtet sind, oder ob sie einzelne, verschieden streichende Systeme paralleler Gänge darstellen; ob sich die Gänge kreuzen, und an den Kreuzungsstellen Anreicherung des durchsetzenden Ganges stattfindet, oder ob sich zuweilen zwei Gänge mit einander vereinigen (scharen), und ob dies auf die Erzführung von Einfluss ist. Auch ist zu beachten, ob sich verschiedene Gänge oder Gangsysteme nach Gangmittel und Art der Erze von einander unterscheiden. Aus dem Studium der Eruptivgesteine der Umgebungen wird sich ergeben, ob die Wahrscheinlichkeit vorliegt, dass verschiedene derselben mit verschieden gerichteten Mineralgängen in genetischer Verbindung stehen. Bei einem System paralleler Gänge wird in der Regel Staffelbruch vorliegen.

Gold findet sich verwaltend auf Quarzgängen, welche in Formationen jeden Alters, am meisten aber in den archaischen und metamorphisch krystallinischen Schiefern auftreten. Es ist meist an Eisenkies gebunden und kommt vielfach mit Erzen von Kupfer, Blei, Silber etc. zusammen vor. Gänge, welche wegen ihres Goldgehaltes abbauwürdig sind, treten nicht vereinzelt auf, sondern sind regionenweise angeordnet. Gelingt es, einen zu entdecken, so kann man daher die Untersuchung mit Aussicht auf Erfolg fortsetzen. Im Ausgehenden findet man das Gold in der Regel in freier Ausscheidung; in der Tiefe ist es zwar auch in gediegenem Zustande vorhanden, aber grösstentheils an Eisenkies oder andere Erze gebunden. Hat man sichere Prüfungsmittel, z. B. ein Löthrohr, nicht zur Hand, so kann man sich behufs der Erkennung daran halten, dass, sobald man bei Anblick eines gelben, glänzenden Metalls im Zweifel ist, ob es Gold sei, dasselbe sicher Gold nicht ist; denn wo man dieses wirklich sieht, ist man nie im Zweifel. Doch gilt Letzteres keineswegs umgekehrt. Ein rohe Prüfung des Goldgehaltes kann man vornehmen, indem man ein Stück Gangquarz mit einem Quarzkiesel auf einem grösseren Gesteinsblock zerschlägt und zu Pulver zerreibt und dieses in einer Pfanne oder einem Hornlöffel auswäscht. Durch geschickte Manipulation kann man das Gold an einer Stelle am Boden

des Gefässes ansammeln. — Goldfunde können dadurch wichtig werden, dass sie Ansiedler anlocken, welche bald zu anderen Zweigen des Erwerbes greifen. Es giebt nur noch wenige Länder, deren Inneres so unerforscht ist und von einer so primitiven Bevölkerung bewohnt wird, dass man noch die Entdeckung an sich besonders werthvoller Goldschätze, d. h. solcher Lagerstätten, welche bei leichtem Abbau grossen Gewinn geben, als möglich erachten kann.

Silbererze haben vielfach verschiedenes Vorkommen, meist in Verbindung mit zahlreichen anderen Erzen. Die Hauptmasse des Silbers wird jedoch aus Gängen gewonnen, die in Propylit aufsetzen; sie sind oft sehr mächtig und enthalten ausserordentlich grosse Erzkörper. Silbererzgänge in Kalkstein sind meist unregelmässig, indem sie mit dem reichsten Erz erfüllte Weitungen enthalten, die durch schmale Schnüre verbunden sind. Regelmässige, aber meistentheils weniger wichtige Silbererzgänge finden sich in allen älteren Formationen.

Vielfach wird Silber aus Bleierzen gewonnen, besonders wo diese auf Gängen vorkommen. Bleierzgänge sind allenthalben häufig, aber nur eine verhältnissmässig geringe Zahl von ihnen ist abbauwürdig. An vielen Orten finden sich in Kalksteinen verschiedener Formationen Putzen und Nester von Bleiglanz, und stellenweise wachsen diese zur Ausfüllung grosser Hohlräume an; sie sind dann unregelmässig durch das Gestein vertheilt und durch Schnüre verbunden. Gewöhnlich ist der Bleiglanz mit Zinkblende und anderen Schwefelmetallen vergesellschaftet.

Kupfer erreicht seine grösste technische Bedeutung im Kupferkies, der gewöhnlich mit Eisenkies verbunden ist und in sehr grossen Massen auftritt. Das Vorkommen ist demjenigen der Lagermassen des Eisenkieses ähnlich. Kupfererzgänge sind ebenfalls häufig und zuweilen sehr wichtig, stehen aber im Ganzen an Bedeutung hinter jenen grossartigen Anhäufungen zurück. Man hat sich betreffs dieser Metalle besonders vor vorschnellen Schlüssen zu hüten. Nicht selten trifft man ausserordentlich reiche Kupfererze, findet aber bei näherer, oft sehr kostspieliger Untersuchung, dass sie in zahlreichen zerstreuten, äusserst unregelmässigen und nicht abbauwürdigen Gängen von geringer Mächtigkeit vorkommen. Kühne

Hoffnungen und grosse Speculationen sind durch diese Truggebilde angeregt und vernichtet worden.

Zinnerz tritt in der Regel in sogenannten Stockwerken auf. Das Gestein (gewöhnlich Granit, in Japan Sandstein, in Nord-Mexico angeblich Trachyt) ist entlang gewisser Richtungen von kleinen Schnüren durchschwärmt, welche Zinnerz nebst anderen Mineralien führen.

Quecksilbererze (Zinnober) haben die unregelmässigste Vertheilung. Das Gestein, in dem sie aufsetzen, ist gewöhnlich von kleineren Gängen und Gangtrumen durchzogen, zwischen denen sich hier und da eine grössere Anhäufung des Minerals findet. Die ausgedehnteste und reichste Quecksilberregion der Erde scheint diejenige zu sein, welche die chinesische Provinz Kwéi-tschóu durchzieht und sich bis nach Yünnan erstreckt. Sie ist noch ununtersucht. Ueberhaupt bietet dieser südwestliche Theil von China ein vielversprechendes Gebiet für die Forschung über Erzlagerstätten, indem er einen grossen Reichthum an Kupfer, Zinn und Zink birgt, auch Gold, Silber und Blei dort gewonnen werden.

Die Orte, an welchen Erzbergbau, insbesondere auf Gängen, betrieben wird, sollten stets auch im Hinblick auf das Vorkommen gut krystallisirter oder seltener Mineralien untersucht werden, da dieselben sich hier am meisten finden und in grösster Menge an die Oberfläche gefördert werden, Doch kann man auf diesem Gebiet ohne Specialkenntnisse nicht mit Erfolg sammeln. Wer sie besitzt, bedarf keiner Anleitung.

Unter den verschiedenen Gesichtspunkten, welche sich von geologischer Seite bieten, möge hier nur auf einen hingewiesen werden. Aus vielfachen Untersuchungen scheint es hervorzugehen, dass diejenigen Gegenden, wo jungeruptive Gesteine zum Ausbruch gelangten, meistentheils auch in früheren Perioden der Erdgeschichte der Sitz einer Ausbruchsthätigkeit gewesen sind. Nach dem eben Gesagten ist die Entstehung von Erzgängen an das Auftreten von Eruptivgesteinen gebunden. Nun giebt es Gegenden, in denen die mit dem Ausbruch der jungeruptiven Gesteine verbundenen Vorgänge anscheinend nicht vermocht haben, Erzgänge hervorzubringen, und solche Gegenden besitzen überhaupt wenige oder keine Erzgänge, indem auch die früheren, mit Gesteinsausbrüchen verbunden gewesenen Ereignisse ihre Bildung nicht veranlasst haben. Dagegen giebt es andere

Länder (z. B. der Innenrand der Karpathen und fast die gesammte Zone der Anden von Nord- und Süd-Amerika), wo der Vulcanismus der Tertärzeit ausserordentlich reiche Erzgänge hervorgerufen hat. In solchen Ländern ist auch die Ausbruchsthätigkeit früherer Zeiten mit der Entstehung bedeutender Erzlagerstätten ursächlich verknüpft gewesen. Ob dies ein allgemein geltendes Gesetz ist, muss weitere Beobachtung entscheiden. Die Bildungszeit der einzelnen Erzgänge festzusetzen, ist die dazu nothwendig zu lösende Aufgabe. Das Gesetz bezieht sich nicht in derselben Form auf solche Gegenden, wo jungeruptive Gesteine nicht auftreten.

c. **Erzlagerstätten im Schwemmland.** — Wenn die Erze durch denudirende Agentien von den Lagerstätten im festen Gestein, auf welchen sie räumlich eng begrenzt und concentrirt auftreten, hinweggenommen und den Schwemmgebilden überliefert werden, so wächst das Gebiet ihrer Verbreitung ungemein an. Sie werden in zertrümmertem Zustand, zum Theil als feinkörniger Sand, den Schichtgebilden einverleibt. Je gleichmässiger dies stattfindet, desto mehr schwindet die Möglichkeit ihrer technischen Ausbeutung. Allein, wie die die Verhüttung vorbereitenden Processe darauf beruhen, die Erze mit ihren Gangmitteln zu feinem und gleichmässigem Korn zu zerstampfen, um dann die ersteren von den letzteren mit Benutzung ihres höheren specifischen Gewichtes durch verschiedene Methoden der Aufbereitung auszuscheiden, so bedingt auch in der Natur jener Unterschied des specifischen Gewichtes eine Aufbereitung der feinkörnig zerriebenen Massen, wenn sie den auf alle Theile mit gleicher Kraft einwirkenden bewegenden Agentien, insbesondere denen des fliessenden Wassers, der Brandungswelle und der strömenden Luft, unterworfen werden. Dieser Vorgang der Saigerung kommt hier insoweit in Betracht, als bei der Sonderung nach specifischem Gewicht und Korngrösse die schweren Bestandtheile sich ansammeln, und die Erze zuweilen eine Concentration erreichen, welche derjenigen in Gängen gleichkommt, oder sie selbst noch übertrifft. Dies gilt insbesondere von den schwersten Metallen und Erzen, wie dem Platin, welches seines seltenen Vorkommens wegen hier übergangen werden mag, dem Gold und dem Zinnstein. Ist auch in jedem Fall das Maass der bewegenden Kraft verschieden, welches erforderlich war, um das Gestein fortzuschaffen, die metallischen Bestandtheile aber liegen

zu lassen, so sind doch im Allgemeinen die in Gebirgen gelegenen alten Flussbetten am geeignetsten gewesen, die Ansammlung der schweren Massen in sich aufzunehmen; denn da im Gebirgsbereich der Ströme die Kräftevertheilung einem häufigen Wechsel unterworfen ist, so finden sich immer einzelne Stellen, welche für eine mehr oder weniger vollkommene Saigerung bei gewisser Korngrösse geeignet waren.

Goldführende Schwemmgebilde sind weit verbreitet. Besonders finden sie sich dort, wo Flussbetten in krystallinisches Gebirge eingesenkt sind, und unterhalb solcher Stellen. Am vortheilhaftesten für localisirte und concentrirte Ansammlung ist der Erosionscanal, besonders wenn er quer gegen das Streichen steilstehender krystallinischer Schiefer gerichtet ist. Die verschiedene Härte derselben bedingt zahllose Unebenheiten des Strombettes; oberhalb jedes durch eine härtere Schicht veranlassten Riegels vollzieht sich die Auswirbelung eines kleinen Beckens im weichen Gestein. Hier können die grösseren Goldkörner sich beständig ansammeln, und die Ansammlung sich erhalten und vergrössern, wenn durch fortschreitende Erosion die Aushöhlung an derselben Stelle und in derselben Schicht nach stetig wachsender Tiefe verlegt wird. Diese durch Aufnahme grösserer Goldklumpen ausgezeichneten, sogenannten „pockets“ des californischen Goldgräbers finden sich anderwärts unter ähnlichen Verhältnissen, wenn auch selten von ähnlichem Reichthum wie sie dort vorgekommen sind. Das unebene Felsbett im Erosionscanal hält auch kleine Goldtheilchen in Menge fest; doch wechseln dieselben mit fortschreitender Vertiefung des Bettes ihre Lage und werden aus den Strudellöchern bei Hochwasser herausgewirbelt. Sie gelangen in das Gebiet, in welchem die Schotter sich ablagern, und werden mit diesem bei Hochwasser weiter getrieben. Das am feinsten vertheilte Gold wird oft weit hinabgeschwemmt und sammelt sich gern in den Höhlungen constanter Schotterbänke. Weitaus die Mehrzahl der Lagerstätten des Goldes ist so arm, dass sie nicht ausgebeutet werden. Wo man sie bearbeitet, hat oft die Thatsache der Gewinnung von Gold zu der Vermuthung geführt, dass das betreffende Land reich an diesem Metall sein müsse. Doch wird sich der sorgfältige Reisende überzeugen, dass der Gewinn in der grossen Mehrzahl der Fälle geringer ist als der Tagelohn in derselben Gegend. Häufig beschäftigen sich

die Eingeborenen mit Goldwaschen nur in der Jahreszeit, in welcher die Feldarbeit ihnen nicht genügenden Verdienst gewährt, und werden durch die kleine Ausbeute an edlem Metall gerade nur in den Stand gesetzt, ihr Leben zu fristen. Man sollte in solchen Fällen untersuchen, ob der Grund des geringfügigen Gewinnes in der Anwendung unvollkommener Methoden liegt. Durch Benutzung der Kraft schnell strömenden Wassers an Stelle der menschlichen Arbeit kann man gewiss häufig, auch ohne sich zu den grossen hydraulischen Anlagen Californiens zu versteigen, die Kosten verringern. Es ist daher bei der Untersuchung von goldführenden Ablagerungen darauf zu achten, ob die Einführung einer solchen Kraft möglich sei, und wenn dies der Fall ist, ob die Kosten und Schwierigkeiten im Verhältniss zu dem Reichthum der Ablagerung stehen. Wer Uebung hat, kann aus der Menge des Goldes, das in je einer Pfanne von bestimmtem Inhalt aus dem von verschiedenen Stellen entnommenen Boden ausgewaschen wird, den Goldgehalt der Ablagerung mit annähernder Richtigkeit in Zahlen ausdrücken. Den Schwankungen derselben muss dabei Rechnung getragen werden.

Zinnführendes Schwemmland kommt in einzelnen Gegenden vor. Der Zinnstein findet sich darin in runden Körnern von verschiedener Grösse. Die Auffindung neuer Lagerstätten von Schwemmzinn, welche gewöhnlich auch zur Entdeckung des Ursprungsortes führt, wäre von bedeutendem praktischem Interesse.

Eisenführendes Schwemmland ist so weit verbreitet als das Schwemmland selbst. Doch ist das Eisenerz (Magneteisenstein, Titaneisenstein und Rotheisenstein) selten so concentrirt, dass es technisch abbauwürdig ist. Der Gegenstand verdient mehr Berücksichtigung als er bisher erfahren hat.

d. **Andere nutzbare Producte des Mineralreiches.** — Ausser den Steinkohlen und den Erzen, auf welche der Blick des Reisenden sich in erster Linie richtet, wenn er mit den geologischen Beobachtungen praktische Ziele verbindet, birgt das Mineralreich noch eine Reihe anderer Producte, welche unter günstigen Umständen über den eigenen Bereich ihres Vorkommens hinaus nutzbar gemacht werden können. Auch wenn dies in unmittelbarer Aussicht nicht steht, sollte man sie beachten, zumal ihr Vorkommen stets auch ein wissenschaft-

liches Interesse bietet. Einen Anhalt geben auch hier zunächst diejenigen Mineralstoffe, welche in der Industrie des bereisten Landes und im täglichen Leben Verwendung finden; man sollte deren Fundorte und natürliches Auftreten kennen zu lernen suchen.

Edelsteine haben ihre ursprüngliche Lagerstätte im festen Gestein und sind in diesem meist sehr sporadisch zerstreut, so dass ihre Gewinnung aus demselben schwierig und kostspielig ist. Dennoch ist sie bei einigen, wie z. B. dem edlen Opal, dessen Vorkommen man nur in Tuffen jungeruptiver Gesteine kennt, darauf beschränkt. Die meisten Edelsteine kommen ausserdem auf secundären Lagerstätten, im Schwemmland, vor. Diejenigen, welche sich durch grosse Härte auszeichnen, leisten der Zertrümmerung und Abreibung Widerstand und können daher als grössere Stücke von sandigen und erdigen Sedimenten eingeschlossen werden. Wenn sie gleichzeitig höheres specifisches Gewicht als die gewöhnlichen Bestandtheile des Schwemmlandes besitzen, unterliegen sie einer Aufbereitung und sammeln sich vorwiegend an einzelnen begünstigten Stellen an. Indessen scheint die Bildung eines lediglich aus Fragmenten von Edelsteinen nebst einzelnen Erzstücken von grösserer Härte bestehenden Sandes sich nur durch die unablässige Aufbereitung auf dem Brandungsstrand, wo auch Zertrümmerung stattfindet, zu vollziehen. Im Schwemmland der Festländer geht die Zusammenführung wohl niemals so weit. Doch enthält dasselbe in solchen Ländern, wo es überhaupt Edelsteine als Erosionsproducte aufnehmen konnte, an manchen Stellen eine weit grössere Menge von ihnen als an anderen. Man gewinnt sie zum Theil durch Schlämmen, ähnlich wie Gold und Zinnstein. Dies gilt besonders von dem Diamant. Die bisher bekannten Lagerstätten der genannten Art geben den wichtigen Fingerzeig, dass man dort, wo Edelsteine im Schwemmland überhaupt angetroffen werden, eine grössere Menge derselben zu finden hoffen darf. Von Interesse, aber nicht von praktischer Wichtigkeit, ist es in allen derartigen Fällen, die Gesteine aufzusuchen, aus welchen die edlen Mineralien stammen. Es giebt einige minderwerthige als Schmucksteine verwendete Mineralien, wie Nephrit und Bernstein, bei denen die Untersuchung des Vorkommens, sowie der Art der ursprünglichen Lagerstätte besonderen Werth hat.

Unter den technisch verwendbaren Mineralstoffen spielt der Graphit eine nicht unwesentliche Rolle. Er bildet mehr oder weniger mächtige schieferige Einlagerungen in Gneiss, körnigem Kalkstein und Glimmerschiefer, kommt aber auch in weniger stark metamorphosirten Schichten vor. Er kann durch Umwandlung von Steinkohle entstehen; ob er immer daraus entstanden ist, ist ein Problem von gleicher Wichtigkeit mit der Frage, ob mächtige Kalksteine nur durch Mitwirkung organischer Thätigkeit niedergeschlagen werden konnten; denn beide Fragen hängen mit der zusammen, ob in dem archaischen Zeitalter organisches Leben existirt hat. Man begegnet Lager von Graphit nicht selten und sollte sie stets eingehend untersuchen. Bezüglich der technischen Verwerthbarkeit giebt man sich leicht Illusionen hin, da die besten Sorten einen sehr hohen Handelswerth besitzen. Bei den minder guten fällt dieser schnell auf einen sehr geringen Betrag herab, und gerade die grösseren Lagerstätten enthalten unreinen, gewerblich nicht verwendbaren Graphit.

Der Schwefel ist das technisch wichtigste Product der vulcanischen Thätigkeit. In Gegenden wo diese noch fortdauert, und ebenso in solchen wo sie erloschen ist, findet man ihn an die Zersetzungsproducte der Solfataren gebunden. Doch sind wenige Lagerstätten bedeutend genug, um die Ausbeutung zu lohnen. Die Auffindung neuer, ergiebiger und gut gelegener Stätten würde von hohem Werth sein. — Weit seltener ist das Vorkommen des Borax, oder auch der freien Borsäure. Das Ausströmen der letzteren in Toscana und das ausserordentlich bedeutende Auftreten des Borax in dem von alten Vulcanen überragten Clear Lake Californiens und in dem Boden der Umgebung desselben machen es wahrscheinlich, dass die massenhafte Production dieser Substanzen auf der Ausscheidung und der Stoffumsetzung an vulcanischen Herden beruht. Da bis in die Neuzeit Tibet das Land gewesen ist, von welchem fast die Gesammtmasse des in den Handel kommenden Borax stammte, würde es von grossem Interesse sein, die dortigen Lagerstätten, welche sich ebenfalls in Seen und salzigen Incrustationen zu befinden scheinen, kennen zu lernen.

Man sollte überall zu erkunden suchen, woher die Eingeborenen das Steinsalz beziehen. Es wird zum Theil aus dem Meerwasser, zum Theil aus Krusten im Boden ausge-

trockneter Salzseen, zum Theil aus Salzsoole, die dem Boden in Gestalt von Quellen entströmt oder durch Bohrlöcher erreicht wird, zum Theil aus festen Steinsalzkörpern gewonnen. Die Bewohner kennen in der Regel fast jedes zur Ausbeutung geeignete Vorkommen. Dem Reisenden bleibt die Aufgabe weiterer Erforschung desselben. In den meisten Fällen aber kann diese nur durch kostspielige Arbeit geschehen. — Bezüglich anderer löslicher Salze möge hier besonders des Natronsalpeters gedacht werden, dessen Hauptfundstätte die trockenen Westgehänge der Anden von Chili und Peru sind. Seine Herstammung ist Gegenstand mancher Speculationen gewesen. Man hat aus den in dem eisernen Hut der Silbererzgänge derselben Gegenden in grosser Menge vorkommenden Chlor- und Jod-Verbindungen, im Verein mit dem Auftreten von Salzen, unter denen das genannte die erste Stelle einnimmt, den Schluss gezogen, dass jene Gebirge in einem kurz vergangenen Zeitalter bis zur Höhe von mehreren tausend Metern vom Meer bedeckt gewesen seien. Da dies aus anderen Gründen wenig Wahrscheinlichkeit hat, ist zu untersuchen, ob nicht die beständige Zufuhr von Meeressalzen durch die fast ununterbrochen wehenden Südwestwinde den angegebenen Effect auf die Ansammlung von Salzen und die Umwandlung der Erze hervorgebracht haben könne. — In denselben Gegenden spielt der Guano eine Rolle, da er sich in dem trockenen Klima durch lange Perioden ansammeln und erhalten kann. Wo die Seevögel ähnliche Existenzbedingungen finden, die Trockenheit aber zuweilen durch etwas Regen unterbrochen wird, dürfte die Auslaugung des Guano zur Bildung phosphorsaurer und salpetersaurer Verbindungen Anlass geben. Der ebenfalls technisch wichtige phosphorsaure Kalk dürfte wenigstens in einzelnen Fällen derartigen Vorgängen seine Entstehung verdanken. Es möge hier darauf hingewiesen werden, dass günstige Bedingungen zu seiner Bildung in den nicht seltenen Fällen vorhanden sein müssen, wo der lockere cementirte Zertrümmerungssand der Korallenriffe von Seevögeln viel besucht wird und sich unter einem Klima mit jahreszeitlichem Wechsel von Trockenheit und Regen befindet. Gehobene Korallenriffe sollten daher, falls diese Bedingungen vorhanden sind, auf das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk untersucht werden.

Unter den Zersetzungsrückständen der Gesteine haben die

T ö p f e r t h o n e und die P o r z e l l a n e r d e eine technische Bedeutung. Bei den ersteren ist sie meist örtlich, während die letztere eine Industrie von allgemeinerem Interesse dient. Die Porzellanerde kann aus verschiedenen Gesteinen durch Zersetzung mittelst der aus der Atmosphäre zugeführten Agentien entstehen, insbesondere aus Granit und Porphyr. Die kräftige Einwirkung vulcanischer Ausströmungen vermag sie auch aus anderen Gesteinen zu schaffen. Meist bildet die Porzellanerde einen Bestandtheil zersetzter Gesteinsmassen und muss durch Schlemmen daraus gewonnen werden. Alle zur feineren Töpferei und zur Porzellanfabrikation, insbesondere auch zur Herstellung der Glasur verwendeten Materialien sollten nach Beschaffenheit, Lagerstätten und, wo möglich, Entstehungsart untersucht und gleichzeitig gesammelt werden.

Es sei hier endlich der flüssigen Kohlenwasserstoffe gedacht, welche seit wenigen Decennien eine so grosse Rolle im Welthandel und im Haushalt der Menschen spielen. Das P e t r o l e u m oder E r d ö l findet sich als Imprägnation von Schiefern, Sandsteinen und Kalksteinen, und dies muss als seine ursprüngliche Lagerstätte betrachtet werden, auf der es sich aus organischen Substanzen gebildet hat. Zuweilen ist es an der Oberfläche kaum wahrnehmbar, nimmt aber gegen das Innere und die Tiefen hin an Menge zu. Ausserdem begegnet man ihm auf secundärer Lagerstätte, indem es dem Gestein langsam entströmt und eine schwärzliche Schicht auf dem Wasser von Quellen und Tümpeln bildet. Schöpft man sie ab, so wird sie bald wieder ersetzt. Ebenso kommt das Erdöl in dem Schlamm und dem Wasser der Schlammvulcane vor. In jedem derartigen Fall darf man annehmen, dass an dem Herstammungsort, d. h. in gewissen Gesteinen, insbesondere gegen die Erdtiefen hin, grössere Massen vorhanden sind. Wiederholen sich die Anzeichen an der Erdoberfläche an vielen Stellen, und strömt brennbares Gas aus, so darf jener Schluss mit erhöhter Sicherheit gezogen werden. Aber die Möglichkeit gewinnbringender technischer Ausnutzung lässt sich allein durch Bohrversuche entscheiden; die sorgfältigste Oberflächenerforschung an den der Beobachtung zugänglichen Stellen ist immer nur vorbereitende Arbeit. Wichtig sind die negativen Merkmale, deren Beachtung vor der Ausführung kostspieliger Versuche schützen kann. Eruptivgesteine, archaische und metamorphische Gesteine, Thon-

schiefer und Quarzite können von vorn herein als unproductiv in dieser Hinsicht bezeichnet werden. Auch darf man aus hydrostatischen Gründen ein besonderes Vorkommen von Erdöl in den über die Thalsohlen aufragenden Theilen der Gebirge nicht erwarten. Ferner können dünne Sedimentdecken auf Abrasionsflächen als ausgeschlossen gelten; denn es scheint, dass abbauwürdige Ansammlungen nur bei muldenförmiger Lagerung mächtiger Sedimentgebilde und Ausschluss der Möglichkeit des Entweichens nach tieferen Stellen vorkommen.

Es würde zu weit führen, alle nutzbaren Stoffe des Mineralreiches hier einzeln zu behandeln. Der Begriff ist, wie bemerkt, kein absoluter. Vieles, wie z. B. die zum Bauen und zur Ornamentik verwendeten Gesteine dient nur den Zwecken eines Ortes oder einer engbegrenzten Gegend. Manches auf ein kleines Gebiet beschränkte Gewerbe, wie die Glasindustrie, die Steinschleiferei, die Herstellung von Gegenständen aus Marmor, Alabaster, Serpentin, Speckstein, Bergkrystall und anderen Mineralien, gründet sich auf das localisirte Vorkommen eines Minerals oder einer besonders brauchbaren Abart eines Gesteins. Was in vorhergehenden Abschnitten wiederholt hervorgehoben wurde, gilt auch hier: Keine Erscheinung darf dem Forschungsreisenden zu geringfügig sein; auf jede muss er sein Auge richten; der geübte und geschärfte Blick vermag oft in dem Kleinen das Fundament zu finden, um Grösseres richtig zu beurtheilen und durch oft wiederholte sorgfältige Combination weittragende Schlussfolgerungen zu ziehen.

II. Beobachtungen über die Wirkungen umgestaltender Vorgänge.

1) Aeusserliche Veränderungen.

Verwitterung, Bildung des Eluvialbodens. — Alle Gesteine, die festesten wie die lockersten, unterliegen, wo sie den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, einer Veränderung, welche sich mehr oder weniger weit in das Innere erstreckt und, wiewohl langsam vor sich gehend, doch durch ihr andauerndes Wirken grosse Umgestaltungen hervorbringt und noch weit grössere vorbereitet. Den wesentlichsten Antheil hat das Regenwasser, welches, mit Bestandtheilen der Luft, insbesondere Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, dann auch mit

organischen Substanzen beladen, in die Gesteine eindringt und ihre Zersetzung vermittelt. Die hierbei stattfindenden hydrochemischen Processe, welche in Reduction und Oxydation, Auflösung und Wiederabsatz von Bestandtheilen, Eintreten des Wassers in die chemische Zusammensetzung von Mineralien, Bildung von Carbonaten, und überhaupt in der Umsetzung chemischer Verbindungen bestehen, genauer zu verfolgen, ist nicht die Aufgabe des Reisenden, wiewohl er sich mit den Gesetzen, welche bei so allgemeinen und täglich unter seine Augen kommenden Vorgängen herrschen, bekannt machen sollte. Nur die äusseren Manifestationen derselben fallen seiner Beobachtung zu. Dieselben werden durch höhere Temperatur wesentlich befördert, nehmen daher (bei relativ gleicher Befeuchtung) vom Aequator gegen die Pole und bei dem Anstieg auf Gebirgshöhen ab. Ein wichtiger Factor ist die Vegetation, theils durch directe Mitwirkung bei der Zerstörung und Zersetzung des Gesteins, theils indirect durch Festhalten der Feuchtigkeit.

Fast alle Gesteine erhalten durch atmosphärische Einflüsse eine Verwitterungsrinde. Zuweilen ist sie eine dünne, scharf abgesetzte Kruste, zuweilen eine dickere, allmählich in das frische Gestein übergehende, und in anderen Fällen zeigt sich eine schalige Auflockerung, wobei die äusserste Schale am stärksten, jede nachfolgende weniger verwittert ist. Diese Erscheinungen finden sich besonders bei festen feldspathhaltigen Gesteinen, daher insbesondere bei krystallinischen Schiefern und fast sämmtlichen Eruptivgesteinen. Da sie stets von Klüften durchsetzt sind und das Wasser in dieselben eindringt, so findet dieselbe oder eine sehr ähnliche Art der Zersetzung wie an der Oberfläche auch an den Kluftwänden statt. Wo mehrere Systeme von Kluftflächen einander so durchsetzen, dass dadurch eine Auflösung des Gesteins in kubische oder polyëdrische Blöcke stattfindet, und zugleich die Verwitterung in Schalen fortschreitet, liegen unzersetzte Kerne in dem durch die Zersetzung entstehenden Grus und Thon, und indem der Regen die weiche Substanz fortspült, bleiben jene als gerundete Blöcke übrig. — In anderen Fällen, z. B. bei krystallinischen Schiefern, wo sie nicht Gebirgsfirsten, sondern flachwelliges Land zusammensetzen, greift die Verwitterung hunderte von Fussen tief ein. Das Gestein wird aufgelockert, einige Bestandtheile werden ausgelaugt, die Structur und das Ansehen verändert, und es entsteht

ein weicher Boden, welcher zuweilen ausschliesslich die Oberfläche einer Landstrecke bildet und auf den Charakter der Vegetation und die Art der Landwirthschaft von grösstem Einfluss ist.

Von den früher erwähnten zwei grossen Klassen: des Eluvialbodens und des Aufschüttungsbodens, kommt hier nur der erstere in Betracht. Er giebt, wenn er auch das frische Gestein noch so sehr verhüllt, doch meist dem aufmerksamen Beobachter zu erkennen, woraus das letztere besteht. Grus und Grand der verschiedensten Arten, Töpferthon, Porzellanthon u. s. w. finden sich häufig auf solchen ursprünglichen Lagerstätten; man sollte wo möglich bestimmen, woraus sie entstanden sind. Bei Erzgängen bringt die Verwitterung der der Oberfläche zunächst gelegenen Theile den rostig gefärbten sogenannten eisernen Hut hervor. Besondere Aufmerksamkeit ist dem meist intensiv roth oder rothbraun gefärbten erdigen Rückstand des durch Lösung fortgeführten Kalksteins zu widmen.

Wärme, Feuchtigkeit und Vegetation beeinflussen nicht nur die Intensität der Bildung des Eluvialbodens, sondern bedingen auch die Entstehung qualitativ verschiedener Arten desselben, welchen sich die dem Charakter der verwitternden Gesteine entspringenden Unterschiede unterordnen. Mit den regionalen Schwankungen der erstgenannten Factoren sind daher regionale Unterschiede des Verwitterungsbodens verknüpft, deren Betrachtung viel Interesse bietet, deren Ursachen aber noch wenig erforscht ist. Dem sorgfältig beobachtenden Reisenden bietet sich beständig Gelegenheit zu Untersuchungen, welche zur Aufhellung dieser Frage beitragen können. Es genüge hier, auf zwei dieser regional verbreiteten Bodenarten hinzuweisen.

Die eine derselben ist der rostbraune Gehängelehm, welcher für die gemässigten Zonen charakteristisch ist und an diejenigen Gegenden innerhalb derselben, welche durch Waldwuchs auf anstehendem Gestein ausgezeichnet sind, gebunden zu sein scheint. Er bildet sich besonders aus feldspathhaltigen Gesteinen, ist mit Bestandtheilen derselben mechanisch vermengt, schwankt in der Beschaffenheit nach den Arten der ersteren und wird durch die Rieselwasser ein wenig umgelagert und stellenweise zusammengehäuft.

Eine analoge Stellung nimmt innerhalb der tropischen Gebiete in weit grösserer räumlicher Ausdehnung der Laterit ein. Er hat seinen Namen von der ihm eigenthümlichen Farbe rothgebrannter Ziegelsteine (later) erhalten, und zwar zuerst in Ostindien, wo er den Erdboden weithin bedeckt. Der Reisende, welcher Ceylon berührt, hat in dem intensiv rothen feinen Staub der Landstrassen Gelegenheit, seine unangenehme Bekanntschaft zu machen. Er findet sich ebenso über Hinderindien, Indonesien und Birma ausgebreitet und bildet den Boden grosser Landstriche in Brasilien und den feuchten Theilen des tropischen Afrika. Obgleich die Ansichten über seine Entstehungsart noch von einander abweichen, geht doch aus Untersuchungen in verschiedenen Ländern deutlich hervor, dass die Lateritbildung auf tiefgreifenden Zersetzungsvorgängen beruht, und dass die mannigfaltigsten Gesteine, wahrscheinlich dann, wenn sie durch lange Perioden mit feuchten Wäldern bestanden gewesen sind. in Laterit umgewandelt werden konnten. Seine Structur und seine zufälligen Bestandtheile ändern sich daher auch je nach dem Gestein, auf dem er lagert und aus dem er entstanden ist. Doch erkennt man ihn, zunächst der Farbe, stets leicht an dem ihm eigenthümlichen schwammartig-zelligen Gefüge, welches aus einem festen Maschenwerk mit rundlichen Ausfüllungen von thoniger Substanz besteht. Er geht nach der Tiefe in Gneiss, Granit, Thonschiefer, Schieferthon und thonigen Sandstein über, je nachdem er auf dem einen oder anderen dieser Gesteine lagert, indem sich Zwischenstufen von dem unzersetzten Gestein bis in den vollkommensten zelligen Laterit zeigen. In Brasilien, wo der Laterit wesentlich aus krystallinischen Schiefern hervorgegangen zu sein scheint, soll er eine Menge fester, unzersetzter eckiger Blöcke, besonders von Quarz, umschliessen. In Afrifa liess sich sein weitverbreitetes Vorkommen aus Beschreibungen erkennen und durch mitgebrachte Proben von Poppe, v. Mechow und Anderen nachweisen; eingehendere Untersuchung am unteren Congo erfuhr er durch Pechuel-Lösche. Weiter östlich beruht die Eisenindustrie in vielen Gegenden, wie es scheint, wesentlich auf dem bedeutenden Eisengehalt, welcher dem Laterit stets, aber in veränderlichem Maass, eigenthümlich ist. Im mittleren und südlichen China finden sich Massen von Laterit, welche von nichtlateritischen Zersetzungsproducten und Anschwemmungen der Neuzeit bedeckt werden.

Es scheint, dass der erste ein früheres tropisches Klima andeutet. Kommt Aehnliches in anderen Ländern vor? Sind vielleicht die ausgedehnten Lager von theils reinerem, theils sehr unreinem Raseneisenstein, welche sich über grosse Landstriche ausdehen, eine dem Laterit vergleichbare, durch grösseren Eisengehalt modificirte Bildung?

Zusammengeschwemmte Bestandtheile des eluvialen rothen Bodens ergeben wieder Laterit. Dagegen scheint es sich aus anderem Schwemmboden, z. B. im Deltaland der Ströme, nicht zu bilden. — Eine besondere Modification erfährt der Laterit durch die Bekleidung mit schlackenartiger glänzender Rinde an frischen Anschnitten. Diese Eigenschaft dürfte, zugleich mit der Porosität, die Sterilität des Laterites an solchen Stellen, wo das Wasser tiefe Canäle durch ihn hindurch in das unterlagernde Gestein schneidet, veranlassen. Die Baumvegetation verschwindet wegen des Wassermangels; niederer Pflanzenwuchs tritt an ihre Stelle.

Zwei andere Probleme hängen hiermit zusammen. Verdankt der rothe Passatstaub dem Laterit der Tropen seinen Ursprung, wie der gelbe Staub, den der von Centralasien kommende Wind führt, dem Löss? Das zweite betrifft die Ablagerungen von abgeschwemmter Lateritmasse in Seen und am Meeresboden. Bilden dieselben rothe thonige Sandsteine? Dies würde vielleicht auf die noch unklare Entstehungsweise der mächtigen rothen Sandsteine Licht werfen, welche in älteren Formationen als Sedimente der Aestuarien und des seichten Meeresstrandes so häufig auftreten und wenigstens zum Theil Perioden einer üppigen tropischen Vegetation bezeichnen.

Der Laterit sollte auch auf das Vorkommen von Infusorien untersucht werden.

Gesteinszertrümmerung; Bildung von eluvialem Schutt. — Unter den irrigen Anschauungen, denen man betreffs genetischer Vorgänge in Reisebeschreibungen besonders häufig begegnet, befindet sich die Schlussfolgerung, dass grosse Anhäufungen von Gesteinstrümmern, die zuweilen der Landschaft ein wildes, chaotisches Gepräge verleihen, durch gewaltige, plötzliche Ereignisse („Convulsionen der Natur") hervorgebracht sein müssen. Sieht man von den Auswürflingen der Vulcane und von Bergstürzen ab, so beruhen die Anhäufungen von Blöcken und Schutt in erster Linie auf lang-

sam aber stetig wirkenden Vorgängen. Am meisten gilt dies von der eben erwähnten Herauslösung fester Felsblöcke durch die entlang den Gesteinsklüften fortschreitende Verwitterung. In hohen Breiten und auf Bergeshöhen, wo in gewissen Zeiten des Jahres das in der Nacht gebildete Eis durch die Sonnenwärme am Tage schmilzt, oder wo diese Wechsel in längeren Perioden auf einander folgen, übt der Spaltenfrost eine so gewaltige zertrümmernde Kraft aus, dass das Maass der Zerstörung das auf der intensivsten Verwitterung in den Tropen beruhende übersteigen kann. Das Wasser dringt in die feinsten Klüfte ein und übt durch die beim Gefrieren eintretende Volumenvergrösserung eine unwiderstehlich auseinandertreibende Kraft aus. Es entstehen dadurch Schutthalden an den Gehängen und Trümmermeere an den Stellen, wo eine Veranlassung zum Herabstürzen nicht gegeben ist. Dieser ebenfalls als eluvial zu bezeichnende Schutt zeigt, im Gegensatz zu dem durch Wasser transportirten, keine oder geringe Abnutzung der Kanten; seine Bildung ist besonders intensiv, wo die herabgestürzten Massen durch Gletscher fortgetragen, und dadurch stets neue Theile des festen Gesteins der Auflockerung preisgegeben werden. Eine analoge Wirkung übt die Insolation in der Felswüste aus. Hier findet, bei vollkommener Trockenheit, ein Zersprengen des Gesteins durch unmittelbare Erhitzung am Tage und Abkühlung in der Nacht statt. Die Bedeckung der Felsplatten mit eluvialem Schutt von dieser Art bedingt das Wesen der als Hammada bekannten Wüstenform. — Zertrümmerung der gewaltigsten Art, aber in jedem einzelnen Fall auf einen engen Bereich beschränkt, bringen die Bergstürze an den Gehängen der Gebirgsthäler und Steilküsten mit sich. Sie können durch Unterwaschung verursacht werden, haben aber häufig ihren Anlass in Vorgängen der Verwitterung, wobei dann das Herabgleiten in der Regel durch die Verhältnisse der Lagerung unterstützt wird. Durch den Sturz findet eine Zertrümmerung in eckige Blöcke statt.

Von diesen Ursprungsstätten der Bildung von Gesteinsblöcken und grobem Schutt kann das Material durch die Kraft des fliessenden Wassers und des Eises nach anderen Gegenden hin getragen werden. Der Reisende wird in jedem einzelnen Falle zu untersuchen haben, welche Kräfte wirksam gewesen sind.

2. Unterirdische Circulation des Wassers. — Grundwasser, Quellen, Höhlenbildung.

Das Regenwasser nimmt theils einen unterirdischen und theils einen überirdischen Lauf. Im ersteren Fall kommt der bei weitem überwiegende Theil in Gestalt von Quellen wieder zum Vorschein. Insofern die Quellen durch Aufnahme von Bestandtheilen während ihres unterirdischen Laufes geologische Agentien sind, hat der Reisende wenig Gelegenheit, sie zu beobachten, im Allgemeinen nicht viel mehr als so weit die Bestandtheile dem Auge oder dem Geschmack erkennbar sind. Die Häufigkeit und Wassermenge der Quellen; das Gestein, aus dem sie hervorkommen; die Kraft, mit der dies zuweilen geschieht; der Wechsel in der Fähigkeit der einzelnen Gesteine, das Wasser durchzulassen, worin die Quellen meist ihren Ursprung haben; die Temperatur; der Gehalt an Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff; das Entstehen von Absätzen von Kalktuff, Eisenocker oder Kieselerde — sollten stets beobachtet werden. Im Flachland sollte man nicht unterlassen, die Tiefe der Brunnen zu untersuchen, ihre Temperatur zu bestimmen, und ganz allgemein anzugeben, ob die Brunnen einer gewissen Gegend, oder diejenigen von einer gewissen Tiefe, sich entweder durch ähnliche Temperatur, Härte oder Weichheit des Wassers, einen alkalischen oder salzigen Geschmack auszeichnen, und ob diejenigen verschiedener Tiefen von einander verschieden sind. Fragen von theoretischem und praktischem Interesse knüpfen sich an den Grundwasserstand und die Gestalt der Oberfläche desselben; doch wird sich auf Reisen selten Gelegenheit zu Beobachtungen darüber bieten.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Vorkommen von Salzsoole zu schenken. Kommt sie in Quellen hervor, oder wird sie in Brunnen erbohrt? in welcher Tiefe erreicht man sie durch diese? In welchem Gestein setzen die Bohrlöcher an, und wie ist das Liegende derselben nach sonstigen Aufschlüssen beschaffen? Wie lagert die ganze Formation, in welcher die Soole vorkommt? Füllt sie ein Becken aus? sind es sandige und thonige Schichten? Kommt Gyps vor? und in welcher Weise? Lassen die Verhältnisse darauf schliessen, dass das Salz aus einem abgeschlossenen Meerwasserbecken niedergeschlagen wurde? Ist das gewonnene Salz rein?

Höhlenbildung durch Auslaugung ist eine der Wirkungen des unterirdisch fliessenden Wassers. Sie findet

am meisten in solchen Gesteinen statt, welche zugleich leicht löslich und von grosser Festigkeit sind, wie vor allem Kalkstein. Gypsmassen sinken durch Auslaugung gewöhnlich in sich selbst zusammen. Sobald sich das Wasser unterirdische Wege durch Auflösung gebahnt hat, vergrössert es dieselben durch Erosion. Es entstehen dann Einstürze, welche kesselförmige Vertiefungen auf der Oberfläche verursachen. Ist das Maass der Auslaugung und der dadurch verursachten Wirkungen auf die Gestalt der Oberfläche in tropischen Gegenden grösser als in kälteren Klimaten? Man könnte dies aus dem Umstand schliessen, dass dort die Quellabsätze weit bedeutender sind.

Wichtige Fragen knüpfen sich an die Bestimmung der Menge der Bestandtheile, welche einem Gebirge oder Gebirgsland durch die Gesammtheit der abrinnenden Gewässer in Lösung entführt wird. Es würde verdienstlich sein, in gewissen Gegenden aus jedem Fluss, dessen Stromgebiet sich rücksichtlich des Areals bestimmen lässt, Proben des Wassers, womöglich in verschiedenen Jahreszeiten, zu entnehmen und in gut verschlossenen Flaschen zum Zweck chemischer Untersuchung aufzubewahren.

3. Fliessende und stehende Gewässer des Festlandes.

Die Niederlegung der Stromläufe und Seeen auf Karten gehört zu den wichtigsten Arbeiten des Entdeckungsreisenden. Es giebt wenige Gegenden, wo nicht die bedeutenderen Gewässer schon bekannt sind; es bleibt dann dem Reisenden zunächst die Aufgabe, das Netz der Verzweigungen gegen die Quellgebiete hin festzulegen. Indem man dies thut, sollte man stets das Verhältniss der Flusscanäle und der Seebecken zum oroplastischen und zum inneren geologischen Bau, sowie zu den bestehenden klimatischen Verhältnissen, im Auge behalten. Es ergiebt sich dann unmittelbar als eine weitere Aufgabe, die Geschichte der Ströme und der mit Wasser erfüllten Becken, der Stromverlegungen und der Wasserscheiden, in weiterer Folge die Arbeit des fliessenden Wassers im Allgemeinen zu erforschen. Betreffs der Abhängigkeit des Betrages und der Art der letzteren von der Wassermasse, insbesondere derjenigen zur Zeit des Hochwassers, vom Gefälle, von der Masse der zum Transport sich darbietenden Sedimente, von der Vegetation

und anderen Umständen mag hier auf die Ausführungen im „Führer" (Cap. VI) verwiesen werden.*) Der Reisende wird vielfach Gelegenheit finden, die Aeusserungsart dieser allgemeinen Gesetze in einzelnen Fällen zu beobachten und dadurch ein Verständniss für viele sich ihm darbietende Erscheinungen zu gewinnen.

Von besonderem Interesse für jeden einzelnen Erdraum sind die Beziehungen der Arbeit der Gewässer zu der Lage der Rinnen, in denen sie fliessen, welche nicht immer dem Begriff der Thäler entsprechen. Es ist bereits ausgeführt worden, wie die Thäler zum Theil unmittelbar aus dem Gebirgsbau hervorgehen, indem sie durch Faltung oder Verwerfung entstanden, zum Theil jedoch gar keine Beziehung zu demselben haben, sondern der Erosion allein ihre Entstehung verdanken. In diesem Fall können sie epigenetisch, d. h. durch transgredirend auflagernde, später gänzlich entfernte Sedimente hindurch in den Unterbau eingeschnitten sein; oder ihre erste Anlage fällt mit den ersten Stadien der Erhebung einer Bodenscholle über das Meer zusammen, und gleich ihr wurde auch die bei erweiterter Trockenlegung fortgesetzte Ausbildung der Abflussrinnen durch das Gefäll allein bestimmmt; oder sie beruht in später auf dem Festland eingetretenen Bewegungen, z. B. der keilförmigen Aufrichtung eines Blockes einer Abrasionsscholle (S. 175). In diesen Fällen herrscht die Neigung zur primären Ausbildung von Querfurchen, von denen aus sich Längsfurchen, dem Schichtenstreichen folgend, von unten nach oben eingraben. Als einige Hauptmomente bei der Betrachtung der Anlage der Flussläufe sind festzuhalten: das Streben nach Beständigkeit der Wasserscheiden, welches darin beruht, dass an ihnen das Wasser entweder verschwindend kleine, oder doch weit geringere erodirende Kraft hat, als im weiteren Gebirgslauf, und das Streben der Gewässer, in den eingeschnittenen Rinnen zu verharren und sie tiefer zu graben; andererseits das Erwachsen von Hindernissen, welche sie zwingen können, diese Rinnen zu verlassen und andere Bahnen ein-

*) Eine weitergehende, zum Studium zu empfehlende Ausführung findet sich in den Aufsatz von Dr. A. Philippson „über Wasserscheiden" (Verhandlungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig, 1886.



zuschlagen. Bei dem Tieferlegen kann es geschehen, dass eine Rinne streckenweise in Gesteine von grosser Härte eingeschnitten wird; werden dann später die weicheren Felsarten, in denen die nächst höhere und nächst tiefere Strecke liegen, durch Denudation zu sanftgeformtem hügeligem Land erniedrigt, in welchem der Fluss sich durch seitliche Arbeit Weitungen auswäscht, so erscheint es oft als eine Anomalie, dass er einen Theil seines Weges durch hartes Gestein nimmt, welches er anscheinend mit viel geringerem Aufwand von Arbeit hätte umgehen können. Andere Anomalien entstehen dadurch, dass Ströme auf grosse Erstreckung gegen die Schichtenneigung fliessen, oder dass sie Schichtenwölbungen langgezogene Gebirgskämme und ganze Gebirge quer durchbrechen. Früher pflegte man die Ursache solcher Erscheinungen ganz allgemein in einer Aufspaltung des Gebirges zu erblicken. Dieselbe ist, besonders bei Durchbrechung von Kalksteinzügen und wenn der Fluss einem Grabenbruch folgt, nicht ausgeschlossen, liegt aber wahrscheinlich verhältnissmässig selten zu Grunde. Andere Ursachen können sein: die rückschreitende Erosion, indem von der Regenseite eines Gebirges aus die Wasserläufe sich rückwärts durch den Kamm desselben bis in dahinter gelegene Hohlformen einschnitten und deren Gewässer in sich aufnahmen; ferner das siegreiche Bestreben eines Flusses, sein Bett durch Erosion zu vertiefen und innezuhalten, wenn quer gegen seinen Lauf ein Hinderniss, z. B. eine Schichtenwölbung, langsam aufstieg. Der Reisende sollte es sich angelegen sein lassen, die Untersuchung von Fall zu Fall mit Sorgfalt auszuführen, den Thatbestand genau festzustellen und die möglichen Ursachen gegen einander abzuwägen.

Dasselbe gilt von den Seebecken; sie sind wassererfüllte Hohlformen, welche entweder gar keinen oder einen höher als die Sohle gelegenen Abfluss haben. Umrissformen, Tiefenverhältnisse, Beschaffenheit des Wassers, Charakter der Fauna und Gestalt der Ufer bilden nur einen Theil der Untersuchung; man muss auch das Netz der wasserzuführenden Flüsse und die Form des Abzugscanals, wo einer vorhanden ist, sowie den äusseren und inneren Bau der Umgebung kennen, um zu Schlüssen auf die Entstehung des Seebeckens berechtigt zu sein. Je nach den zu Grunde liegenden Ursachen lassen sich die folgenden Kategorien von Seebecken unterscheiden:

1. Ursprüngliche Hohlformen des Landes; und zwar a) Continentale Senken, d. h. weite Depressionen, welche im Gesammtbau der Festländer begründet sind. Die Seen, welche sie enthalten, sind zum Theil Meeresreste, doch lässt sich in vielen Fällen ein solcher Ursprung weder beweisen noch widerlegen. Meist sind sie abflusslos. Es gehören hierher die meisten Salzseen der Centralgebiete. — b) die natürlichen Einsenkungen im Schuttland; sie finden sich besonders im Glacialschutt, in der Dünenlandschaft und im Korallenschutt; auch die Ueberschwemmungsreste in den Ablagerungsgebieten der Ströme können hierher gerechnet werden. — 2. Abdämmungsbecken. Sie bilden sich meist in schmalen, steilwandigen Thälern, indem dem Fluss ein Damm in den Weg gelegt wird, und bezeichnen vorübergehende Episoden, da der Damm, meist erst nach Ausfüllung des Beckens mit Ablagerungen, vom Fluss durchschnitten wird. Die Abdämmung kann geschehen: durch Bergstürze; durch das Vorschieben des Schuttkegels eines Flusses an der Stelle der Vereinigung mit einem andern; durch analoges Vorschieben einer Gletscherzunge oder eines Lavastromes quer gegen einen Thalbach; durch das Aufwerfen einer dammartigen Endmoräne und den darauf folgenden Rückzug des Gletschers; durch Stauung der Zuflüsse eines Stromes, und zwar entweder periodisch, indem der letztere selbst bei Hochwasserstand einen Wall für das niedrigere Wasser des Zuflusses bildet, oder beständig, indem der Hauptstrom sein Bett erhöht und seitliche Dämme aufwirft. Die Lagunen in verlassenen Betten an Stellen starker Stromtheilungen verdanken ihren seeartigen Charakter auch häufig der Abdämmung. — 3. Abgliederungsbecken. Sie entstehen dadurch, dass Theile eines Sees oder des Oceans zu besonderen, meist kleinen Becken abgetrennt werden. Ein solcher Vorgang vollzieht sich, wenn ein seitlich einmündender Fluss sein Delta dammartig quer über einen See vorschiebt, oder wenn Strömungen sandige Wälle vor einer Küste aufrichten und dadurch Küstenlagunen abgetrennt werden; oder wenn die vor dem Ausgang tiefer Fjorde gelegenen Schuttanhäufungen trocken gelegt werden und einen Fjordsee zurücklassen, der allmählich ausgesüsst wird; ferner wenn Wallriffe eine Küste umsäumen, oder wenn ein Korallenriff sich zu einem Atoll zusammenschliesst. — 4. Ausräumungsbecken. Gletscher vermögen an gewissen Stellen ihres Laufes

in zweierlei Weise Becken zu schaffen, welche nach dem Rückzug Seen bilden: einerseits durch Ausschleifen harten Gesteins, andererseits durch Ausräumung von Schutt. Fliessendes Wasser bringt ähnliche Wirkungen nur in kleinstem Maassstab hervor. Dagegen vermag der Wind Becken auszuhöhlen, insbesondere wenn in Gegenden, in welchen durch einen langen Zeitraum bei feuchtem Klima Gesteinszersetzung bis in grosse Tiefen stattgefunden hat, Trockenheit eintritt und die Vegetation vernichtet wird. Da manche Gesteine in mürbe, grusartige und leicht zerstörbare Massen verwandelt werden, andere aber (insbesondere die Quarzite und Thonschiefer) fast unzersetzt bleiben, schafft die mechanische Kraft des Windes Ungleichheiten und veranlasst die Entstehung von Becken, welche Seen aufnehmen können. — 5. Explosionsbecken. Hierher gehören gewisse Maare und Kratere, von deren Ursprung früher (S. 196) die Rede war. — 6. Einbruchsbecken. Es wurde an derselben Stelle (S. 196) darauf hingewiesen, dass andere Maare und Kratere auf Einsturz zurückzuführen sind. In vielen Fällen scheint die Auslaugung von Steinsalz, Gyps oder Kalkstein der Entstehung von Einbruchsbecken zu Grunde zu liegen. In durchfeuchtetem Schwemmland, besonders in Deltas, bilden sich Becken (wie der Zuydersee) durch Zusammensinken. — 7. Tektonische Becken. Die auf Deformirung der Erdrinde beruhenden Vorgänge der Gebirgsbildung sind mit der Entstehung von mancherlei Hohlformen verbunden. Durch Faltung und Ueberschiebung entstehen longitudinale Becken, und wenn durch eine Längsfalte ein Querthal abgedämmt wird, so bildet sich ein transversales Becken. Viele Gebirgsseen scheinen hierauf zu beruhen. Einen ähnlichen Effect können Verwerfungen haben, und zwar diejenigen kleineren Maassstabes ebenso wie die grossen Gebirgsverwerfungen, insbesondere die Grabensenkungen.

Wassermasse, Gefäll und die zum Theil aus beiden sich ergebende Stromgeschwindigkeit bestimmen die Transportfähigkeit und dadurch in weiterer Folge die Ablagerungen aus fliessenden Gewässern. Wird einer dieser Factoren gleich Null, so wird die Tragkraft des Wassers für alle Stoffe, welche höheres specifisches Gewicht als dasselbe besitzen, vernichtet; sie sinken sämmtlich zu Boden; daher sind die Seebecken und das Meer die Hauptstätten des Absatzes fester Stoffe. Erreichen jene Factoren sämmtlich hohe Werthe, so ist die Transport-

fähigkeit ausserordentlich gross; ebenso die Corrasion, durch welche die Ausschleifung und im Wesentlichen die tiefere Erosion des Felsbettes der Gebirgsströme bewirkt wird. Dazwischen giebt es zahlreiche Abstufungen, welche der Reihe nach zur Ablagerung der grössten und dann der kleineren Gesteinsblöcke, des gröberen und kleineren gerollten Schotters, des Kieses, des Sandes, und schliesslich der feiner und feiner vertheilten thonigen und glimmerigen Bestandtheile führen. Weit mehr als die Grösse würde das specifische Gewicht von Einfluss sein, wenn nicht alle Gesteine in dieser Beziehung sich beinahe gleich verhielten; doch bleibt z. B. das Gold, mit Ausnahme feinvertheilten Goldstaubes, in der Nähe seiner Ursprungsstelle liegen, weil ein kleines Goldkorn in demselben Wildbach, welcher mächtige Gesteinsblöcke fortwälzt, zu Boden sinkt. — Bei der Einmündung von Gebirgsbächen in tiefe Seen entstehen Schutthalden aus geneigten Schichten, in welchen das Gröbere die oberen, steil abfallenden Theile bildet, das Feinere hingegen in wachsenden Tiefen und in wachsender Ausdehnung mit allmählicher Abnahme des Neigungswinkels zum Absatz kommt, und das Feinste über den ganzen Seeboden gleichmässig niederfällt, während auf der ebenen Scheitelfläche eine dünne Decke horizontaler Schichten sich ausbreitet, in welcher der Fluss sich deltaartig verzweigt. Seen sind daher Klärungsbecken für die Flüsse, und je mehr Material diese zuführen, desto schneller vollzieht sich die Ausfüllung in Gestalt gegen einander wachsender Schutthalden. Einige Analogie bieten die Verhältnisse an der Meeresküste, aber mit dem Unterschied, einerseits, dass die meisten Flüsse dieselbe nur mit feinerdigen Sedimenten beladen erreichen, andererseits, dass Strömungen eine andere, langgezogene Vertheilung des Materials bewirken, und die Einflüsse der Brandungswelle und der Gezeiten eine secundär hinzutretende Arbeit verrichten. Wenn die beschriebenen Vorgänge in Seebecken weiter vorschreiten, so vereinigen sich erst die unteren Theile der Schutthalden, dann deren deltaartige Oberflächen, bis das Becken ausgefüllt ist, und an Stelle des Wassers eine ebene Landfläche tritt. Modificationen können dadurch herbeigeführt werden, dass das Ausflussniveau während der Ausfüllung tiefer gelegt wird. Besser gelingt dies dem Fluss, nachdem er den See vernichtet hat. Er gräbt sich dann in die Sedimente ein, zu denen er selbst das Material

lieferte, und strebt nach ihrer Zerstörung und Fortführung. Tiefe Durchschnitte geben Gelegenheit zu Beobachtungen über die Gestalt der See-Ablagerungen. Zu Studien von hohem Interesse haben die letzteren in solchen Seebecken geführt, welche lange vor ihrer völligen Ausfüllung in Folge trockenen Klima's zu Salzpfannen eingetrocknet sind. Aufmerksame Untersuchung führt zur Ergründung der Geschichte des wechselnden Wasserstandes, aus welcher sich diejenige des Klima's ableiten lässt.

Da die meisten Gebirgsströme mit Rücksicht auf ihr Gefäll eine Anzahl von Stufen von verschiedener Form und verschiedener Länge bilden, und die Wassermasse in der Regel von oben nach unten beständig zunimmt, bieten die Ablagerungen eine grosse Mannigfaltigkeit. Sie zerfallen in eine Anzahl von mehr oder weniger vollkommen gestalteten, bald kürzeren und steileren, bald längeren und sehr abgeflachten Schuttkegeln, welche sich von den Schutthalden der Gehänge, ebenso wie von denen der Seebecken wesentlich unterscheiden, indem die festen Theile nicht frei niederfallen und hinabrollen, sondern im Fallen so weit fortbewegt werden, als das fliessende Wasser dies zu thun vermag. Letzteres strebt, jedem Schuttkegel eine fächerförmige Gestalt zu geben, wird aber darin innerhalb der Gebirgsthäler durch seitliche Einengung in den meisten Fällen gehemmt. In jedem Schuttkegel nimmt die Korngrösse von der Stelle stärksten Gefälles nach denen des geringeren hin ab. In tieferen Lagen findet man oft eine abweichende Vertheilung, welche auf andere Verhältnisse der Stromgeschwindigkeit in früherer Zeit schliessen lässt. Wo der Fluss grössere Ablagerungsstrecken durchfliesst, windet er sich in Folge seitlicher Erosion, und diese wird wiederum durch die Windungen vermittelst der Concentration der Kraft an deren convexen Seiten vermehrt. Ablagerungsstrecken im Gebirge geben daher zur Erweiterung der Böden der Flussthäler Anlass. Sie finden sich besonders vor solchen Stellen, wo der Fluss ein Hinderniss des tieferen Eingrabens zu überwinden, z. B. sich in eine Folge sehr harter Gesteine einzuschneiden hat. Solche Thalweitungen und Thalstufen sind nicht mit denen zu verwechseln, welche in Gebirgsthälern sehr häufig durch die Sedimentausfüllung von Abdämmungsseen hervorgebracht werden.

Wo der Fluss aus der letzten Gebirgsenge, oder, wie es häufiger der Fall ist, aus allmählich sich öffnendem Hügel-

land heraustritt, um seinen Lauf auf einer sanft geneigten, gemeinhin als Ebene bezeichneten Fläche fortzusetzen, wird gewöhnlich das Gefäll gering und gleichmässig. Ist der Boden der Fläche das Product des Flusses, so kann man ihn wie einen Schuttkegel des letzteren betrachten, über welchen der Fluss verschiedene Canäle einzuschlagen vermag. Eine kleine Differenz im Gefäll bewirkt, dass entweder der Fluss nur in einem Canal zur selben Zeit fliesst, denselben aber in einzelnen langen Perioden wechselt, oder dass er vor dem Punkt, wo ein See oder das Meer seinen Bewegungen ein Hinderniss entgegensetzen, in mehreren Canälen gleichzeitig fliesst und ein Delta bildet. Der Schotter erreicht bald das Ende seiner Ablagerung; auch der Kies wird nicht weit geführt. Sand und Schlamm aber bleiben im Flusswasser suspendirt. Ist der Lauf kurz, so geht noch viel Sand direct nach dem Meer; ist er lang, so bleibt der Sand grösstentheils im Flussbett, wo er Bänke bildet, welche ihre Lage und Form ändern und allmählich abwärts nach dem Mündungsgebiet gelangen. Der am feinsten suspendirte Schlamm wird zum Theil mit dem Sand gemengt, zum Theil geht er direct nach der Mündung. Tritt der Fluss bei dem jährlich wiederkehrenden Hochwasser über seine Ufer, so setzt sich der Sand in seiner Nähe ab; der Rest des Ueberschwemmungsgebietes wird mit schlammigem Sediment überführt, und auch aufgelöste Stoffe bleiben zurück. Es bieten sich hier dem Beobachter mancherlei Fragen. Wie sind die Sedimente beschaffen? (Proben zu sammeln) und welches ist ihre ökonomische Bedeutung? Wie weit reicht das Ueberschwemmungsgebiet gegen das Meer (das Küstengebiet wird von Flüssen nicht überschwemmt), gegen das Gebirge und in anderen Richtungen? Ist das Wasser dabei stehend, so hat man darin ein natürliches Nivellement. Lassen sich alte verlassene Flussläufe durch vorhandene Canäle, Versandungszonen, alte Dämme oder historische Ueberlieferungen nachweisen?

In den Mündungsästuaren grosser Ströme kommen alle jene Ablagerungen in Betracht, welche sich durch die Combination der Wirkung des Stromes mit derjenigen von Ebbe und Fluth, oder, wo diese fehlen, des stillstehenden Wassers bilden. Indem die Gezeiten durch die zweierlei Bewegungen eine Saigerung veranlassen, gelangen im Allgemeinen, je weiter an der Mündung abwärts, mehr und mehr die feineren Sedimente zum unmittel-

baren Absatz aus dem Wasser, während zugleich dadurch, dass der Ebbestrom ausser dem eingedrungenen Fluthwasser auch das Flusswasser begreift, mithin stärker ist als der Fluthstrom, die im Strombett gebildeten Bänke und Inseln von Sand allmählich abwärts wandern. Das Endresultat im Meer ist daher wahrscheinlich eine Vermischung von Thon und Sand, oder ihr Wechsel in sehr dünnen Lagen. Die Geschichte der Inseln in Strommündungen und der Ansiedelungen auf denselben, die weit schneller vor sich gehenden Aenderungen in der Vertheilung der unter Wasser bleibenden Bänke und der fahrbaren Canäle, die Versandung alter Canäle und die Bildung neuer, die Form der Barre, welche sich vor der Flussmündung im Meer bildet, die zuweilen in Gestalt langer Zungen von Sand dem Fluss sich anlagernden und ihn seitlich ablenkenden Halbinseln und Dünen, die Art der Absätze jenseits der Barren am Meeresgrund — sind sämmtlich Gegenstände von theoretischem und praktischem Interesse. Hinsichtlich der Bewegung des Wassers sind in jedem Fluss zwei Punkte festzusetzen: derjenige Punkt, bis zu welchem die Fluth als Strom aufdringt (er bezeichnet oft die Lage wichtiger Handelsplätze), und der höchste Punkt im Fluss, wo noch ein Steigen des Wassers bei dem Eindringen der Fluth stattfindet.

Mit den Schwankungen des Klima's und den Bewegungen der Erdrinde ändern sich bei fliessenden Gewässern die Wassermasse, das Gefäll und der Betrag der Sedimentführung. Die Geschichte eines Stromes setzt sich daher in jeder Einzelstrecke seines Laufes aus Perioden erhöhter Bildung von Ablagerungen und Perioden erhöhter Fortführung derselben, aus solchen mühsamen Fortschleppens zu schwerer Lasten und solchen thatkräftigen Einschneidens in die Sedimente zusammen. Scharfe Beobachtung, insbesondere der die Flüsse häufig begleitenden Terrassen, vermag Material zu der Geschichte der Flüsse und daher auch des Klima's einer Gegend beizubringen. Diese meist scharf sich abhebenden, oft aber verwaschenen und kaum kenntlichen Stufen finden sich ebenso im Gebirgslauf der Flüsse, wie im Flachland bis zu den Mündungsgebieten. Zuweilen, besonders wenn sie aus leicht durchlässigem Schotter bestehen, bilden sie durch Unfruchtbarkeit einen Contrast zu dem reicheren Alluvialland, welches den Fluss begleitet; aber manchmal sind sie die Hauptstätten für Ansiedelung und Ackerbau. Häufig

findet man eine Mehrzahl von Terrassen. Wo sie in einem grossen Flussthal gänzlich fehlen, und die jüngsten Alluvien unmittelbar bis an die Gehänge heranreichen, wird (wie in dem breiten Thal des Brahmaputra) eine Verminderung des Gefälles angenommen werden müssen.

Einen besonderen Beobachtungsgegenstand bilden die Ablagerungen in Höhlen, von deren Bildung auf S. 236 die Rede war. Der ruhige Aufenthalt, welchen Höhlen den grösseren Säugethieren und dem Menschen in seinen frühen Entwickelungsstadien gewährten, giebt den Absätzen in ihnen eine hervorragende Bedeutung für das Studium des gleichzeitigen Bestehens gewisser Thierarten und des Menschen mit ihnen, aber nur wenn sie mit grosser Sorgfalt untersucht werden. Der Reisende hat dazu keine Gelegenheit; aber sie dürfte sich zuweilen Dem bieten, welcher längere Zeit in der Nähe von Höhlen wohnt, und es wäre von Werth, zu den vielen jetzt in Europa erhaltenen Resultaten solche aus anderen Erdtheilen hinzuzufügen. Die Ablagerungen in Höhlen bestehen im Wesentlichen aus Kies, Lehm und Stalagmit. Incrustationen des letzteren konnten sich nur in Zeiten der Ruhe bilden, während Kies darauf deutet, dass ein Fluss die Höhle durchströmte, wie es jetzt noch so häufig der Fall ist. Der Lehm, wohl in den meisten Fällen wesentlich der Rückstand des gelösten Kalksteins, zeigt ruhigeren Absatz an. Die Thierreste sind zum Theil abgerollt und dann mit Sicherheit von aussen zugeführt, zum Theil deuten sie darauf, dass die Thiere an Ort und Stelle starben und incrustirt wurden. Producte menschlicher Kunst dürften stets als am Ursprungsort befindlich angenommen werden können. Mit grosser Vorsicht muss man die in einer bestimmten Lage, z. B. oberhalb oder unterhalb einer gewissen Stalagmitdecke befindlichen Reste sammeln und wohl darauf achten, dass sie nicht mit anderen vermengt werden. Die Bestimmung der aufgefundenen Reste, welche nur von Sachverständigen ausgeführt werden sollte, gestattet festzusetzen, ob succesiv verschiedene Faunen lebten und klimatische Aenderungen andeuten, und ob der Mensch mit gewissen Thieren, deren geologisches Alter von anderwärts bekannt ist, zusammen existirte; vielleicht auch, ob verschiedene Rassen nach einander in einer Gegend auftraten.*)

*) Ein Gegenstand, welcher würdig wäre als besonderer Zielpunkt einer Reise zu dienen, wären die Höhlen von Yünnan, welche

4. Eis und Gletscher.

Ueber die Eisbildung in Flüssen und Seen kann der Reisende selten Beobachtungen von allgemeinerem Interesse anstellen; doch kann die Aufzeichnung einzelner Thatsachen Material zur Vergleichung bieten Die mechanischen Wirkungen durch den Eisgang der Ströme und der Transport von Material sind zu beachten. Wo man sich nahe den Grenzen des beständig gefrorenen Bodens befindet, sollten dieselben genau festgesetzt werden. Bei Meereis ist der Grad der Ausscheidung und die Aufnahme von Salzen, sowohl an der Oberfläche als an der Unterseite, zu berücksichtigen; auch ist die Dicke festzustellen, welche es im Verlauf eines Winters und, wo es sich erhält, durch Anwachsen während einer Reihe von Jahren erreicht.

Von ungleich grösserer Bedeutung für die Beobachtung sind die Gletscher. Wer in den Fall kommt, sie eingehend zu beobachten, sollte sich vorher mit der Literatur darüber bekannt machen.*) Bei den Gletschern des Hochgebirges ist die Firnregion von der Gletscherzunge zu unterscheiden. Erstere umfasst die Gebiete, in welchen der niederfallende und von angrenzenden Bergrücken zusammengewehte, von Jahr zu Jahr sich anhäufende Schnee durch das Zwischenstadium des Firneises in Gletschereis verwandelt wird. Eindringen des Schmelzwassers, Regelation und Druck scheinen dabei die wichtigsten Rollen zu spielen. Ueber Bewegungen im Firneis fehlt es noch beinahe ganz an Beobachtungen; sie scheinen sich an der Oberfläche sehr langsam in der Horizontale gegen das untere Ende hin zu vollziehen. In der Regel entquillt an diesem in verhältnissmässig geringer Breite der Eisstrom, welcher den eigentlichen

---

die erstaunlichen Mengen in chinesischen Apotheken verkäuflicher fossiler Zähne (bekannt als Drachenzähne) liefern. Ein längerer Aufenthalt daselbst würde sich ohne Schwierigkeit bewerkstelligen lassen, und nirgends sind so zahlreiche auf den besonderen Gegenstand eingeübte Arbeiter zur Hand.

*) Vor Allem ist zu empfehlen: Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. Für Beobachtungen über die ehemalige Verbreitung der Gletscher hat Penck in dem Werk „Die Vergletscherung der deutschen Alpen" (Leipzig 1882) die früher eingeführten Gesichtspunkte am ausgiebigsten benutzt und neue scharfsinnig angebahnt.

Gletscher, oder die Gletscherzunge, bildet. In ihr findet eine bei fortgesetzter Beobachtung deutlich wahrnehmbare Bewegung nach abwärts statt. Durch Anbringen von Signalen lässt sich ihr nach den Jahres- und Tageszeiten schwankendes Maass festsetzen. Ueberhaupt sind Messungen nach möglichst vielen Gesichtspunkten auszuführen; auch ist die Lage und Richtung der Gletscherklüfte in einzelnen Theilen, besonders in ihren Beziehungen zu den Formen der Thalwände und des Untergrundes, zu beobachten. Wichtig ist die Beschaffenheit des Eises, namentlich die Grösse und Gestalt des Gletscherkornes an verschiedenen Stellen der Gletscherzunge.

Die Gebirgsgletscher üben eine bedeutende transportirende Thätigkeit aus. Das Gestein der Felsmassen wird durch das nächtliche Gefrieren des über Tag in die Klüfte eingedrungenen Wassers gelockert. Durch die beständige Loslösung scharfkantiger, unzersetzter Fragmente werden die für vergletscherte Hochgebirge charakteristischen Formen der wilden Gräte und Bergfirsten geschaffen. Schutthalten reichen bis auf den in steter Bewegung begriffenen Gletscher herab, und die Gesteinstrümmer werden in Gestalt von Moränen oder Schuttstreifen auf seinem Rücken abwärts geführt, um sich am unteren Ende zur Endmoräne anzuhäufen, die bei dem Rückzug des Eises als ein Wall stehen bleibt, bei dem Vorschreiten desselben zerstört und ausgeglättet, aber nicht, wie man oft vermeint, vor dem Gletscher hergeschoben wird. Ausserdem wird gelockertes Gesteinsmaterial unter dem Druck der Eismassen an dem Boden fortbewegt und übt auf die felsige Unterlage eine beständig schleifende Wirkung aus, von deren hohem Betrag die milchige Trübung des Gletscherwassers einen deutlichen Beweis giebt. Nähere Beobachtungen über dieselbe sind nur dort anzustellen, wo ein Gletscherbett durch Abschmelzung frei geworden ist. Sobald der Gletscher durch das Auseinandertreten der Thalwände sich seitlich frei entwickeln kann, scheint die schleifende Wirkung auf dem Boden aufzuhören.

Alle gegenwärtigen Gebirgsgletscher haben, soweit bekannt, früher grössere Längenausdehnung und grössere Mächtigkeit gehabt. Man erkennt dies an dem Vorhandensein der Merkmale, welche das Gletscherbett auszeichnen. Hervorzuheben sind als solche: polirte und geschrammte Gesteinsflächen am Boden und

an den Seiten, an ersterem oft unterbrochen durch die sogenannten Rundhöcker, d. h. flachgerundete, nach vorn etwas ansteigende, aus den Eisbahnen sich erhebende Massen von deren Grundgestein, welche von der Stossseite her abgewetzt sind, an der Leeseite aber eine unregelmässige Abfallsfläche zeigen; ferner die Reste von Seitenmoränen an den Gehängen, meist mit Gesteinstrümmern aus den höheren Theilen des Gebirges beladen; Reste der Grundmoräne am Boden, und eine oft noch wohl erhaltene Endmoräne an der Stelle, wo das Gletscherende zuletzt längere Zeit verweilte. Zuweilen wird man auch über das Vorrücken und Rückschreiten des Gletscherendes während der letzten Vergangenheit Erkundigungen einziehen können. — Wer in diesen Beobachtungen Uebung erlangt hat, wird vorbereitet sein um die Merkmale der früheren Anwesenheit von Gletschern in solchen Gebirgen oder Gebirgstheilen zu finden, wo deren jetzt keine vorhanden sind. Doch ist vor vorschnellem Urtheil zu warnen. Im Allgemeinen zeichnen sich Anhäufungen von Gletscherschutt dadurch aus, dass Gesteinsblöcke der verschiedensten Grössen ordnungslos durcheinander liegen, und zwar sind die auf dem Rücken des Eises transportirten Gesteinsblöcke scharfkantig, während diejenigen, welche der Grundmoräne angehören, abgenutzt sind, und die aus härterem Gestein bestehenden häufig noch die scharf eingeritzten Schrammen zeigen, welche von dem unter hohem Druck geschehenen Fortschieben auf dem felsigen Bett und der gegenseitigen gewaltsamen Reibung der Stücke herrühren. Fein zerriebenes, die Beschaffenheit von mürbem Letten annehmendes Gesteinsmehl, welches für Wasser schwer durchlässig ist, nimmt an der regellosen Zusammenhäufung wesentlichen Antheil.

In Polarländern, insbesondere in Grönland, als dem ausgedehntesten, sind weite Regionen mit Inlandeis von grosser aber nicht bekannter Mächtigkeit bedeckt, welches über die Hohlformen und die Kämme gleichmässig hinwegzieht und selten von Firsten der letzteren überragt wird. Trotz manchen abweichenden Merkmals scheint es den Firngebieten der Gebirgsgletscher zu entsprechen. Wie bei diesen, zeigen sich nur geringe Spuren von Bewegung; um so werthvoller würden Beobachtungen über solche sein. Es scheint, dass durch den Druck der auflagernden Masse das Eis am Boden der Thäler in Bewegung ge-

setzt wird und, ähnlich den Gewässern eines Flussbeckens, aus den verschiedenen überdeckten Verzweigungen der Thäler nach dem Hauptthal zusammenströmt, um aus diesem am Rand der ganzen Eismasse als eine Gletscherzunge mit ausserordentlich rascher Bewegung (bis 22 m in 24 Stunden beobachtet) hervorgepresst, oder durch die Tragkraft des Meeres, an dessen Boden sie eine Strecke weit hingeschoben wird, bald in Blöcke aufgelöst zu werden, welche als Eisberge von den Strömungen fortgetragen werden. — Ueber die Polargletscher sind weitergehende Beobachtungen sehr erwünscht, um nicht nur die dortigen Erscheinungen aufzuklären, sondern auch über die Vorgänge in der Glacialzeit Licht zu verbreiten.

Neben diesen Untersuchungen ist es die Beobachtung in den weiten vereist gewesenen Erdräumen selbst, welche zur Erschliessung des Wesens der genannten merkwürdigen Periode beizutragen vermag. Grosse Landstriche haben in ihr eine vollständige Umwandlung erfahren. Die nordischen Festländer, welche früher eine grössere Ausdehnung und von den jetzigen erheblich abweichende Höhenverhältnisse besassen, hatten unter einem warmen und feuchten, sich allmählich abkühlenden Klima gestanden, welches eine tiefgreifende Zersetzung der Gesteine veranlassen musste. Aehnlich war es auf den Hochgebirgen. Den vermehrten Niederschlägen, mit denen die Eisperiode vorbereitet wurde, und den Schmelzwässern der beginnenden Gletscher bot sich eine grosse Menge gelockerten, von dem Eis vorwärts geschobenen Materials zur Fortführung. Die Anfangsstadien sind daher, wie zuerst von Penck nachgewiesen wurde, durch die Ablagerung ungeheurer Schottermassen bezeichnet. Diese Glacialschotter bilden eines der wichtigsten Beobachtungsobjecte. Das Eis hat dann nicht nur den Gesteinsuntergrund von dem gesammten gelockerten Material entblösst, sondern auch den ersteren glatt abgeschliffen. Diese Flächen bieten sich jetzt der Beobachtung dar, besonders in Nordamerika, in Lappland und Finnland. Sie sind eingehenden Studiums werth. Zahllose Vertiefungen sind mit Seen erfüllt. Zum Theil scheinen sie Felsbecken zu sein; zum Theil sind sie durch Reste der Grundmoräne gebildet.

Viele Probleme knüpfen sich an die Ablagerungsgebiete des Glacialschuttes. Die Nachweise einer mehr als einmaligen, wahrscheinlich dreimal wiederholten Vergletscherung scheinen

gesichert. Das Vorrücken und der Rückzug des Eises waren von vielen Nebenvorgängen begleitet, welche ihre Spuren in endloser Mannigfaltigkeit hinterlassen haben. Es wurden Seebecken durch Ausräumung gebildet, Ströme wurden verlegt, die Grenzen zwischen Meer und Festland unterlagen wiederholten beträchtlichen Schwankungen, deren Ursachen noch nicht aufgeklärt sind. Scharfe Beobachtungsgabe vermag hier Vieles zur Klarstellung beizutragen. Der Reisende in hohen Breiten sollte sich diese Fragen besonders angelegen sein lassen.

5. Umlagerung durch Wind; — Steppen und Wüsten.

Während das Wasser der Festländer durch seine eigene Bewegung von höheren nach tieferen Stellen feste Massen nur nach dieser Richtung hin mit sich führt, die örtlich gesteigerte Kraft ihm aber den Transport von Felsblöcken gestatten kann, ist der Wind zwar hinsichtlich der Korngrösse der Theilchen, die er in Bewegung zu setzen vermag, auf Sand und Staub beschränkt; aber er kann den ersteren in der Horizontale fortwälzen und bergauf transportiren, während er den Staub hoch emporhebt und ihn über die höchsten wie die tiefsten Regionen seines Bettes, welches die gesammte Erdoberfläche ist, ablagert. Die Rolle beider Agentien ist daher eine wesentlich verschiedene; diejenige des Windes ist noch zu wenig gewürdigt. Die Ablagerungen, welche er verursacht, können, wo die Bedingungen zu ihrer stetigen Summirung vorhanden sind, sehr bedeutende Mächtigkeit erreichen, wo jene hingegen fehlen, sich durch ihren geringen Betrag beinahe der Beobachtung entziehen. Sie sind von grösster Wichtigkeit für die Existenz der Organismen und die Bodencultur; daher sollte der Reisende sie beachten.

Der Wind führt Abtragung (Ablation) aus, wo immer er gelockertes Material vorfindet. Feuchtigkeit und Vegetation hindern seinen Angriff; am freiesten ist dieser in kahlen, trockenen Gegenden, daher besonders in den Wüsten. Die fortdauernde Zersetzung des Gesteins, die Lockerung desselben in Folge raschen und oftmaligen Wechsels von starker Erhitzung und Abkühlung, die Massenumsetzungen fester Stoffe durch die wolkenbruchartigen Regengüsse trockener Länder, der Tritt der Hufthiere, sind Agentien, durch welche dem Wind stetig

neues Angriffsmaterial dargeboten wird; die gleiche Wirkung hat der Ackerpflug in Landstrichen, welche in normalem Zustand mit Vegetation bedeckt sein würden. Manchen trockenen Gebieten werden durch die Flüsse umgebender Hochgebirge feinkörnige Sedimente, insbesondere Gletscherschlamm, zerstäubtes Eruptionsmaterial der Vulcane u. s. w. in grossen Massen zugeführt; der Eintritt der trockenen Jahreszeit überliefert sie der Stosskraft des Windes. Trifft letzterer eine Anhäufung von verschiedenen Korngrössen, so trägt er die grössten Theilchen, welche er fortzubewegen vermag, d. h. die Sandkörner, zunächst auf geringe Erstreckung fort und schleift sie gegeneinander ab, während er den Staub nach weit entfernten Gegenden bringen kann; es bildet sich in der Bahn des Windes ein idealer Schuttkegel von beinahe unendlicher Ausdehnung.

Das Sandtreiben ist eine Erscheinung der Wüsten und der Meeresküsten. Die Sandkörner werden mit grosser Heftigkeit in der Horizontale fortbewegt und üben dabei auf anstehendes Gestein und Gesteinsblöcke eine der Wirkung des Sandgebläses analoge schleifende Arbeit aus. Die abgelösten Theilchen werden ebenfalls fortgetrieben; geglättete Felswände, Unterhöhlungen in Folge grösserer Nachgiebigkeit der tieferen Schichten, und rundlich polirte Kiesel, mit denen die Wüste streckenweise bedeckt ist, sind Zeugen dieser Vorgänge. Ueber Art und Betrag dieser mechanischen Einwirkung sollten Untersuchungen angestellt werden. Wo die Kraft des Windes aufhört, wie an der Leeseite von Bergen oder in scharfen Einschnitten, oder wo sich ein Widerlager bietet, häuft der Sand sich an; neue Sandkörner werden an den Anhäufungen aufwärts getrieben und fallen an deren Leeseite hinab. So entstehen die langgestreckten Sanddünen, welche gewöhnlich eine Anzahl paralleler Wellen bilden, und die meist einzel stehenden gekrümmten Dünen oder Barkhane, deren oft nur durch einen Strauch verursachter Scheitel dem Wind zugekehrt ist; von ihm gehen zwei Arme aus. Die Dünen bilden sich an Meeresküsten durch das Auftreiben des zur Ebbezeit trocken liegenden Sandes, welchen die Brandungswelle in steter Erneuerung zuträgt. Diese Dünenzüge bieten nach Gestalt und Umbildung ein Feld für die Beobachtung; besonders sollte die Aufmerksamkeit auf binnenländische Dünenzüge gerichtet werden,

welche ein vormaliges weiteres Eingreifen des Meeres in das Land bekunden. Durch Vegetationsbedeckung haben sie häufig eine befestigte, weiterer Verschiebung zunächst nicht unterworfene Lage. Bei den Dünen der Wüsten fehlt solche Bekleidung; bei ihnen kommt als Beobachtungsobject das Wandern der Dünen und das Maass derselben, insbesondere wo Oasen eingeschränkt oder ganz verschüttet worden sind, hinzu.

Unter den mancherlei betreffs des Sandtreibens sich darbietenden Gesichtspunkten möge hier der Gestalt der Wüstenkiesel, insbesondere der grösseren Blöcke derselben gedacht werden. Man kennt seit längerer Zeit im norddeutschen Diluvium die sogenannten Dreikantner, d. h. Blöcke von sehr festem Gestein, welche bei rundlichem Umriss eine flach gerundete Unterseite und eine flach pyramidale Oberseite haben. Letztere wird durch zwei, drei oder vier ziemlich ebene Flächen gebildet, die sich in einer oder drei oder mehreren geraden Kanten schneiden. Mehrere Beobachtungen scheinen zu erweisen, dass die Dreikantner nicht in den Glacialgebilden selbst, sondern in einem darüber lagernden Sand liegen, und es ist die Vermuthung ausgesprochen worden, dass sie dem Sandtreiben ihre eigenthümliche Gestalt verdanken, um so mehr, als die Pyramide stets die Oberseite bildet. Es sollte daher beachtet werden, ob in Wüsten solche Blöcke vorkommen. Es müssten alsdann die Flächen sämmtlicher Blöcke einer Gegend nach den gleichen Himmelsrichtungen gerichtet sein, da man ihre Entstehung nur durch den regelmässigen Wechsel bestimmter Windrichtungen erklären könnte.

Während das Sandtreiben örtlicher Beschränkung unterliegt, hat das Staubtreiben einen regionalen Charakter. Ueber grosse Landstriche und in den verschiedensten Meereshöhen fällt der Staub langsam nieder, wenn die bewegende Kraft nachlässt. Durch Regen wird er gleichmässig niedergeschlagen, während er sich bei trockener Luft besonders an der Leeseite aller Unebenheiten des Bodens und in Vertiefungen desselben anhäuft. Von kahlen Stellen wird er wieder hinweggeführt; wo Vegetation ihm Schutz gewährt, bleibt er liegen und wird durch Befeuchtung dem Erdboden einverleibt. Da er aus Trümmern aller Arten von Gesteinen, besonders der leichter zerstörbaren, wie Thongesteine und Kalkstein, besteht und viele organische Bestandtheile enthält, vermehrt der Niederschlag des Staubes die Fruchtbarkeit des Bodens. Die Erhöhung, welche der letztere erfährt, hängt von der Vegetationsbedeckung und dem Betrag der Ablagerung ab. Letzterer ist

minimal in feuchten Gegenden, wo wenig Anlass zur Bildung von Staub gegeben ist, und die geringe Menge desjenigen, welcher in der Atmosphäre schwebt, bald durch Regen niedergeschlagen wird. Dagegen ist er am grössten in solchen Erdräumen, wo eine trockene und eine feuchte Jahreszeit so mit einander wechseln, dass zwar Waldwuchs (abgesehen von den Ufern der Flüsse) ausgeschlossen ist, aber Gras- und Krautvegetation gedeiht, und wo zugleich benachbarte ausgedehnte Wüsten, oder örtlich zerstreute kleinere wüste Strecken, besonders solche, welche aus umgebendem Gebirge stets neue Zufuhr von zerkleinertem Gesteinsmaterial erhalten, eine unerschöpfliche Vorrathskammer und Entstehungsstätte von Staub bilden. Dann kann dieser während der ganzen trockenen und einzelner Perioden der nassen Jahreszeit über das vegetationsbedeckte Gebiet ausgebreitet werden und dessen Boden erhöhen. Diese Umstände vereinigen sich am vortheilhaftesten bei der Mehrzahl der Grassteppen. Wie sie den Bodenzuwachs am meisten begünstigen, verstärkt der letztere rückwirkend die Bedingungen, deren die Grassteppe zu ihrer Existenz und zum Ausschluss der Baumvegetation bedarf.

Die äolisch gebildeten Bodenarten sollten allenthalben studirt werden. Wo sich auf Erhöhungen eine dem Untergrund fremdartige Bodendecke findet, welche weder durch Zersetzung des Gesteins noch durch die Wirkung von fliessendem Wasser oder Eis an ihre Lagerstätte geführt worden sein kann, ist sie äolischen Ursprungs. Dahin gehören die erdigen, Vegetation tragenden Ansammlungen von Boden in altem Gemäuer, in den Zimmern von Burgruinen oder auf hohen Thürmen, die Bodendecke, welche Städte des Alterthums, insbesondere solche in erhöhten Lagen, vollkommen und bis zu gänzlicher Unkenntlichkeit überziehen, wie in Syrien und Mesopotamien, die Lagen von Vegetationsboden, welche sich über Sanddünen, z. B. im norddeutschen Flachland, ausbreiten. An der Hand solcher Beispiele, wo die äolische Zufuhr unzweifelhaft ist, wird man dazu gelangen, die gleiche Entstehung für gewisse Bodenarten an anderen, tiefer liegenden Stellen nachzuweisen. Unter günstigen Umständen können sich daran Schätzungen über das Maass des Anwachsens knüpfen. — Alle diese Bodenarten bestehen aus staubartig feinem Material, wenn auch an manchen Orten heftige Stürme sandartige Gesteinskörnchen aus nahe gelegenen

Gebirgen von Zeit zu Zeit herzugeweht haben; dann nehmen diese nach dem Gebirge hin an Menge zu, und der Boden ändert gegen dieses hin seine Beschaffenheit, indem das Transportmaterial von Rieselwässern dem Boden beigemengt, oder dasjenige von plötzlichen grossen Wasserfluthen über die Steppenfläche ausgebreitet wurde und die Gestalt von Zwischenschichten erhielt. Je weiter von solchen Ursprungsstellen fremdartigen Materials entfernt, desto reiner und feinerdiger wird der äolische Boden, und wo jene überhaupt nicht vorhanden sind, ist er von ganz ebenmässiger Beschaffenheit. Haupteigenthümlichkeiten sind: die Unabhängigkeit der Verbreitung von absoluter und relativer Höhenlage; der Mangel an Schichtung; hochgradige Porosität, welche selbst in der trockenen Jahreszeit die Zufuhr hygroskopischen Wassers ermöglicht; das Vorhandensein verticaler Canälchen durch die ganze Mächtigkeit hindurch, welche von den Wurzeln ehemaliger Generationen von Gräsern herrühren; die Neigung zu verticaler Absonderung, und in der Regel das Vorhandensein von nicht transportirten Schalen an Ort und Stelle gestorbener Landschnecken, sowie zerstreuter Knochen von grösseren, und ganzer Skelette von kleinen grabenden, für die Steppe charakteristischen Säugethieren.

Diese Eigenschaften lassen sich an der Oberfläche des Bodens nicht erkennen; sie treten erst an verticalen Durchschnitten desselben hervor. Diese sollte man aufsuchen. Den normalen Typus des äolischen Bodens bildet der L ö s s, mit dessen Charaktereigenschaften der Reisende sich vertraut machen sollte, um diese überaus wichtige Bodenart überall, wo sie vorkommt, zu erkennen und in ihrer Bildungsgeschichte zu studiren, sowie um andere ähnliche, ebenfalls in ihrer Structur durch die Pflanzenwurzeln beeinflusste Bodenarten, insbesondere das Schwemmland ehemaliger Deltaländer, davon unterscheiden zu können. Wo der Löss durch Flüsse aufgeschlossen ist, stürzt er in senkrechten, zuweilen durch Terrassen unterbrochenen Wänden ab und zeigt eine Mächtigkeit bis zu mehreren hundert Metern. Wo er hinreichende Befeuchtung erlangt, ist er üppiges, besonders für den Bau von Cerealien geeignetes Culturland. Grenzt er an Steppen, welche nicht von tief eingeschnittenen Flüssen durchzogen sind, so erkennt man leicht in ihnen an der Analogie aller Verhältnisse die Bildungsstätte des Löss, dessen Structur und Eigenschaften erst durch die Einschnitte aufgeschlossen

wurden. — Während in solchen Gegenden, wo es eine trockene Jahreszeit giebt, der äolische Boden bis zur Oberfläche eine lehmbraune Farbe hat, bildet sich in einigen Ländern, wo die Befeuchtung keine längere Unterbrechung erfährt, eine obere Schicht von humosem Löss aus, während die braune Färbung erst in einiger Tiefe rein hervortritt. Hierzu gehört die Schwarzerde, welche im südlichen Russland (unter dem Namen Tschornosjom) grosse Flächen festen Gesteins unmittelbar überzieht und den reichen Weizenbau veranlasst und ausserdem ein hervorragendes Verbreitungsgebiet in den trockeneren Theilen der indischen Halbinsel (dort Regur genannt) hat. Auch diese Modification wird vermuthlich in weiterer Verbreitung nachgewiesen werden können.

6. Einfluss von Lage und Klima auf äussere Umgestaltungen.

Alle äusserlichen Umgestaltungen sind in hervorragender Weise von Temperatur und Feuchtigkeit, zum Theil auch von der nach beiden Factoren sich ändernden Vegetation abhängig. Verwitterung. Lösung und Spaltenfrost bringen den Eluvialboden und Eluvialschutt hervor; bewegtes Wasser, bewegtes Eis und bewegte Luft sind die Bildner des Aufschüttungsbodens. Die Wirkung des fliessenden Wassers richtet sich nach der Menge desselben und nach der Bodenplastik; die erstere, d. h. die Feuchtigkeit des Klima's, ist wiederum grossentheils von der letzteren abhängig. Dasselbe gilt von der Wirkung des bewegten Eises, welches ausserdem als Grundbedingung einer niedrigen Temperatur an seinen Entstehungsstätten bedarf. Die Umlagerung durch bewegte Luft ist derjenigen durch die genannten Factoren entgegengesetzt; sie ist am stärksten bei trockenem Klima, bedarf zu gewissen Effecten eines während der Jahresperiode wechselnden Feuchtigkeitsmaasses, und ist beinahe unabhängig von der Bodenplastik.

Der Reisende kommt durch Erdräume, wo die Grundbedingungen der Umgestaltung, daher auch deren Wirkungen, verschieden sind. Grosse Contraste grenzen oft dicht aneinander, z. B. an den beiden Flanken eines Gebirges, von denen die eine dem Einfluss regenbringender Winde ausgesetzt, die andere nur von trockenen Luftströmungen betroffen ist, wie es im grossartigsten Maass am Himalaya der Fall ist. Seinen

bedeutendsten Ausdruck findet dieser Gegensatz in demjenigen der peripherischen und der Centralgebiete der Continente, d. h. einerseits derjenigen Erdräume, welche ihre Gewässer nach dem Ocean entsenden, und in denen daher der Transport der festen Zerstörungsproducte und der gelösten Stoffe nach diesem hin gerichtet ist, andererseits solcher Landstriche, in welchen wegen überwiegender Verdunstung den Gewässern ein Abfluss nach dem Meer nicht gestattet ist, und in Folge dessen jene aus der chemischen und mechanischen Zerstörung hervorgehenden Producte im Binnenland bleiben müssen. Abflusslose Becken, in deren tiefsten Theilen die sich sammelnden Gewässer zu Salzseen verdunsten, sind ein Grundzug in den durch Gebirge abgeschlossenen, wirklich central gelegenen Theilen der Continente; sie finden sich aber auch, bald in zusammenhängenden grossen Strecken, bald vereinzelt, bis zu den Küsten der Festländer, wenn Niederschlag und Verdunstung sich zum Nachtheil des ersteren nicht das Gleichgewicht halten. Es ist jedoch zu bemerken, dass eine hydrographische, die Strombecken kennzeichnende Karte nicht ein richtiges Bild geben würde. Denn es giebt grosse Gebiete von centralem Charakter, welche (wie z. B. die Felswüsten im Stromgebiet des nach dem Meer gerichteten Colorado, oder die zum Bereich des oberen Indus und des tibetischen Sanpo gehörenden Nordabfälle des Himalaya) von grossen, in wasserreichen Hochgebirgen entspringenden Flüssen in langen Canälen durchzogen, und nur in deren unmittelbaren Umgebungen von ihnen in peripherischem Sinn beeinflusst werden, während es innerhalb der abflusslosen Erdräume, besonders in deren höheren Theilen, Stellen giebt, wo grosse Höhendifferenzen, verbunden mit reicher Bewässerung und Entsendung der Gewässer nach tiefer gelegenen Gegenden, die Bedingungen der peripherischen Gebiete hervorrufen. Es würde von Interesse sein, Karten in diesem Sinn zu construiren, wobei sich neben den beiden extremen noch manche zwischenliegende Kategorien unterscheiden lassen würden. Das Material hierzu kann von Reisenden aus verschiedenen Ländern beigebracht werden: das vorhandene würde nur sehr unvollständige Darstellungen gestatten. Für die geographische Verbreitung der Bodenarten, sowie für diejenige der Pflanzen und Thiere und, in vielen Fällen, der menschlichen Ansiedelungen, würden derartige Karten Belehrung bieten.

Das charakteristische Moment der Erdräume von peripherischem Charakter besteht, neben der Pflanzenbekleidung, in ihrem reichen, die letztere im Einzelnen beeinflussenden Wechsel der Bodenformen. Die frische, beständig von den höheren nach den tieferen Theilen transportirende, in den Gebirgsthälern erodirend wirkende Kraft der Gewässer, oft verbunden mit derjenigen der Gletscher in den höchsten Theilen, strebt das Gebirge durch tiefe Einfurchungen zu ciseliren und an dessen Fuss ebenes Land zu schaffen; für die die Unebenheiten verhüllende Thätigkeit des Windes ist wenig Gelegenheit geboten, und ihre Wirkungen werden durch diejenigen des fliessenden Wassers vernichtet; vor Allem wird das Uebermaass löslicher Salze dem Boden entzogen. — Abflusslose Gebiete sind trocken, pflanzenarm, und besitzen einfache, den Vegetationscharakter wenig modificirende Bodenformen. Die Gebirge hüllen sich in eluvialen Schutt, zu dessen Fortführung die Gewässer keine Kraft haben, und nehmen einförmige, gerundete Gestalt an. Nur in der Gebirgswüste schafft der Wind durch Ausnagen des weicheren Gesteins schroffe Abstürze. In analoger Weise fehlt es an Ebenen. Alle Hohlformen sind flach muldenförmig, wenn auch oft die Neigungen entgegengesetzter Abdachungen sehr verschieden sind. Von den Gehängen der Gebirge zu dem Flachboden wird meist ein allmählicher Uebergang durch Schutthalden vermittelt, welche sich entlang den ersteren herabziehen und durch Abspülung des Schuttes, meist in Folge seltener, aber heftiger Regengüsse entstehen. Besass das Gebirge früher tief eingeschnittene Thäler, so sind sie, bis auf diejenigen, welche den aus der Ferne kommenden Gewässern Durchgang gewähren, von Schutt erfüllt und oft nicht mehr kenntlich. Man kann über solche Gebirge (wie am Pass Karakorum und den leicht eingesenkten Pässen über den westlichen Kwenlun) hinweg ohne angelegte Strasse fahren. Die Gehängehalden dachen sich mit abnehmendem Neigungswinkel und gleichzeitig sich vermindernder Korngrösse ab. Es mag der Aufspeicherung von Feuchtigkeit durch dieselben zuzuschreiben sein, dass ihnen entlang häufig eine mit Gräsern und Kräutern steppenartig bewachsene Zone folgt, in welcher der Steppenboden durch Staubniederschläge wächst, und welche sich an solchen Stellen, wo Wasserbäche aus dem Gebirge kommen, zur Anlage von Berieselungsoasen eignen. Von da bis

zum Boden der Becken findet man bald Steppe, bald Sandwüste, bald einen Wechsel von beiden. Der Boden ist durchwegs salzhaltig; da aber das Grundwasser ein Gefäll nach den tiefsten Theilen hat, und auch die fliessenden Gewässer dorthin gerichtet sind, nimmt der Salzgehalt in derselben Richtung zu und ist am grössten in dem Salzsee und in dessen Umgebungen. Hier schlagen sich sehr feinerdig geschichtete Sedimente nieder; man kann sie dort, wo Steppengebiete durch Herstellung des Wasserabflusses nach aussen in Lössland verwandelt werden, als Seelöss in den mittleren Theilen der Lössbecken unterscheiden; im Gegensatz zu dem ungeschichteten Löss besitzt er Schichtung und vermag wegen seiner geringen Wasserdurchlässigkeit Seen zu tragen. Den Salzausblühungen der Steppen, den Salzkrusten, welche die austrocknenden Seen umgeben, und den Salzmassen, welche zurückbleiben wenn das Wasser ganz verdunstet ist, ist erst in letzter Zeit eingehendere Beachtung gewidmet worden. Aus einigen ausgetrockneten Becken wird kohlensaures Kali, aus anderen kohlensaures Natron, oder ein Bicarbonat von Natron und Kalk, und noch aus anderen Steinsalz gewonnen. Nur eine grosse Reihe systematisch gesammelter Probenreihen, aus verschiedenen Becken, und ihre chemische Analyse werden, im Zusammenhang mit der Beobachtung der örtlichen Verhältnisse, über die Ursachen solcher Verschiedenheiten Licht zu verbreiten vermögen. Die Salze werden fortdauernd aus den zersetzten Gesteinen zugeführt; ein grosser Theil kann aber auch in gewissen Fällen zurückgebliebenen und eingedampften Meeresresten entstammen. Von speciellerem Interesse ist das Vorkommen von Borsäure in tibetischen Seen; es ist zu untersuchen, ob sie dort, wie in Italien und Californien, an vulcanische Thätigkeit gebunden ist.

Die Bewohner abflussloser Länder sind auf nomadisirendes Leben angewiesen; doch können sie an den, meist entlang dem Fuss der Gebirge angeordneten Stellen, wo sich Gelegenheit zur Anlage von Oasen bietet, sesshaft werden. Die Berieselung hat den Zweck der Entsalzung und Bewässerung. An solchen, ebenso wie an den von Natur bewässerten Stellen gedeiht Baumwuchs; im Uebrigen ist die Vegetation einförmig. Ihre Abhängigkeit vom Bodencharakter wird dadurch erwiesen, dass ein Höhenunterschied von einigen tausend Metern ihren physiognomischen Charakter nicht verändert.

So gleichförmig diese allgemeinen Verhältnisse in verschiedenen Erdtheilen wiederkehren, gestalten sie sich doch im Einzelnen eigenartig in jedem besonderen Fall und bieten mancherlei Momente für die Beobachtung. Besonders sollten auch hier solche Aenderungen des Charakters und der Formen des Bodens, welche auf klimatische Wandelungen deuten, untersucht werden. Lehrreich sind die Fälle, wo ein an sich abflussloses Land von einzelnen langen Flusscanälen durchzogen wird, besonders wenn diese tief eingeschnitten sind.

7. Umgestaltung der Meeresküsten.

Die den offenen Oceanen zugewendeten Küsten sind diejenigen Stätten der Erdoberfläche, an denen in Folge ununterbrochenen intensiven Wirkens mechanischer Kräfte die grösste relative Summe von Arbeit ausgeführt wird. In der Welle wird die Kraft des Windes, gleichsam in concentrirter Form, nach fernen Theilen des Meeres gebracht, und wenn sie an der Küste anschlägt, wird ein grosser Theil dieser Kraft in Arbeit umgesetzt; ein Theil verzehrt sich in Reibung, besonders wenn die Welle auf Sand aufläuft, oder im Emporschleudern des Wassers, wenn sie an eine Felswand anprallt. Je mehr der volle Stoss auf gelockertes Material, z. B. Felsblöcke trifft, ein desto grösserer Theil der Arbeit kann auf Bewegung, Erschütterung und Zertrümmerung der Gesteinsmassen verwandt werden. Aber auch am festen Fels schreitet die Zerstörung fort; ihre Wirkung ist am grössten, wenn sich der Welle am Fuss einer hohen Felswand weiches Gestein zum Aushöhlen bietet; dann wird eine horizontale Hohlkehle in dieses geschnitten; das darüber lagernde Gestein stürzt herab, und seine Blöcke werden von der brandenden Welle sofort behufs weiterer Zertrümmerung in Angriff genommen. Mit den Gezeiten verschiebt sich die Angriffslinie innerhalb gewisser Grenzen, welche nach unten bis unter das Ebbeniveau reichen, weil auch dort noch mechanische Arbeit ausgeübt wird, und nach oben über das Fluthniveau hinausgehen, weil die Brandung, besonders bei Sturmwellen, in grösseren Höhen anschlägt. Der Haupteffect besteht darin, dass die Brandungswelle sich eine schief ansteigende Fläche, den Strand schafft, auf der sie bequem ohne ferneres Hinderniss aufrollen kann. Es ist an gebirgigen Küsten leicht zu erkennen, dass der Strand häufig an Stelle eines Felsbaues

getreten ist, welcher einst die Fläche von jenem weit überragte. Am oberen Ende sieht man noch die steilabgebrochenen Wände des Gesteins, welches ehemals in gleicher Höhe meerwärts fortsetzte. Der Strand sollte daher eine abgeschliffene Felsfläche sein. In der Regel aber findet man ihn sandig. Man darf in solchen Fällen die Felsfläche sicher unter der Sanddecke erwarten; dies ist schwer nachzuweisen; doch kann es mit Hilfe aufragender härterer Felstheile gelingen. Um so mehr Interesse haben die seltenen Fälle, wo eine Sanddecke nicht vorhanden ist, sondern die Brandungswelle wirklich auf einen kahlen felsigen Strand aufläuft. Wo dieser steilstehende Schichtgesteine durchschneidet, ragen die Enden der härteren unter ihnen leistenförmig auf.

Der Strand und die Arbeit auf ihm — besonders das Aufwärtstreiben der gröberen und gröbsten Gesteinsstücke, die Zertrümmerung derselben, die Mitwirkung des organischen Lebens an der Zerstörung, oder die erhaltende Wirkung, welche einzelne von ihnen, besonders gewisse Algen, durch Herstellung einer schlüpfrigen Oberfläche verursachen, die periodische Aenderung in der Vertheilung der losen Massen, besonders nach heftigen Stürmen, die Wirkungsart der Welle auf Wände festen Gesteins, zumal wenn dieselbe grosse Höhe haben — bieten oft leicht erreichbare Beobachtungsobjecte für den Reisenden. Die Untersuchung gewährt überall Interesse; doch wird dieses an solchen Küsten gesteigert, an welchen gefaltete Gebirge quer enden, weil sich dann der Brandungswelle eine grosse Mannigfaltigkeit in der Angriffsfähigkeit der in schneller Folge wechselnden härteren und weicheren Gesteine darbietet, und der Strand demgemäss reich eingebuchtete, die Thätigkeit der Brandung abermals in verschiedener Weise beeinflussende Gestalten annimmt.

Wer mit den Eigenschaften des Strandes vertraut ist, wird auch ohne Schwierigkeit alte Strandlinien erkennen, wenn sie sich in gewissen Höhen über der gegenwärtigen an den Gehängen oder weiter im Inneren des Landes hinziehen. Wenn nämlich der Stand des Meeres, nachdem die Brandungswelle einen Strand ausgearbeitet hat, relativ erniedrigt wird, so bleibt die frühere Strandfläche bestehen, bis ihre Spuren durch die atmosphärischen Agentien vernichtet werden, und es wird eine neue in tieferem Niveau geschaffen. So können oft

mehrere über einander liegen. Es sollten dann genaue Messungen der verticalen Abstände ausgeführt werden. Insbesondere ist zu beachten, ob die alten Strandlinien einander und der gegenwärtigen Meeresfläche genau parallel sind.

Wenn, umgekehrt, das Meer in Folge positiver Strandlinienverschiebung gegen das Land vordringt, so erweitert sich die Strandfläche, entweder ebenmässig oder in Staffelabsätzen, nach dem Inneren; es entsteht die früher (S. 159) dargestellte Abrasionsfläche, welche an die Stelle mächtiger Gebirge treten kann. Ihre Bildung lässt sich unvollkommen beobachten, muss vielmehr aus einer Reihe von Umständen geschlossen werden; die Untersuchung lässt sich mit Genauigkeit erst ausführen, nachdem grosse Veränderungen sich zugetragen haben. Ihre hohe Bedeutung für die Configuration der Festländer ist oben dargelegt worden.

Einen anderen Gegenstand der Beobachtung bildet das Wandern des losen Materials entlang der Küste. Dies geschieht zunächst durch das Auflaufen der Wellen unter schiefem Winkel, wodurch die einzelnen festen Theile gleichzeitig mit ihrer Emporhebung einen seitlichen Stoss erleiden. Es werden dadurch Schuttwälle vor Ausbuchtungen der Küste geschoben. Die Richtung der Bewegung der losen Massen entspricht derjenigen, welche in der Bewegung der Wellen vorherrscht. Ein zweites Agens sind die Strömungen, welche das feinere Material, Sand und Schlamm, der allgemeinen Richtung der Küste entlang transportiren und in Gestalt von flachen Bänken ablagern; sie sind ebenfalls bemüht, dieselben vor die Einbuchtungen zu schieben. Durch beide Agentien werden daher an Stelle unruhiger Küstenlinien einfache glatte Umrissformen geschaffen. Die Buchten können ganz abgedämmt und in abgeschlossene Wasserbecken verwandelt werden. Die Sand- und Schlammbänke, welche in den Tropen leicht durch Mangrove-Vegetation verfestigt werden, lenken die Flüsse nach der gleichen Richtung ab und geben zu der Enstehung von Küstenlagunen Veranlassung. Es giebt kaum eine Küste, wo nicht derartige Erscheinungen in irgend einer Form wahrgenommen werden können. Besonders machen sie sich an solchen Stellen geltend, wo durch Ströme grosse Massen von Sedimenten dem Meere zugetragen werden. Ist die Mündung breit, so werden ihr Bänke vorgeschoben, welche ein ruhiges Wasser-

becken absondern, in dem zunächst der Absatz der Sedimente ein Delta schafft. Weiterhin werden dieselben in das Meer getragen und von der Strömung entweder nur nach einer Richtung, oder abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen, unter denen aber eine vorherrscht, der Küste entlang transportirt. Dann ist letztere oft steil, felsig und klippig an derjenigen Seite der Flussmündung, von der die Strömung kommt, dagegen versandet, seicht und mit Lagunen besetzt an derjenigen, nach der die Strömung hin gerichtet ist.

Dies leitet zur Beobachtung der Gestalt der Küstenlinien im Allgemeinen und zur Untersuchung der Ursachen, welche ihr in jedem einzelnen Fall zu Grunde liegen. Die Flachküste, welche fast stets sandig ist, kann in der theilweisen Wasserbedeckung eines in das Meer sich herabsenkenden Flachlandes, oder in der oben erwähnten Aufschüttung von Sand und Schlamm vor einer beliebig gestalteten Küste beruhen, oder sie kann dadurch gebildet werden, dass das Meer sich auf der mit transgredirenden Sandmassen bedeckten Abrasionsfläche zurückzieht; dann wird man binnenwärts die Felsabbrüche finden, bis zu denen die Brandungswelle bei höherem Meeresstand ihre zerstörende Wirkung ausgeübt hat. Felsküsten werden ihren Charakter in der Regel wenigstens zum Theil dem letztgenannten Agens verdanken. Die tieferen Gründe, wesshalb ein Continent oder eine Insel nach einer bestimmten Richtung mit einem über das Meer emporragenden Felsbau endigt, sind schwierig zu erforschen und lassen sich selbst nach genauer geologischer Untersuchung in den meisten Fällen kaum mehr als ahnen. Der Reisende sollte ausser der Morphographie von Festland und Meeresboden die innere Structur des Küstengebietes untersuchen. — Beachtung verdienen die tief in das Land einschneidenden Küsteneinbuchtungen. Als feste Regel ist anzusehen, dass jede im Festland eingeschnittene, gegen das Meer gerichtete canalartige Hohlform, deren Boden erheblich tiefer als die Meeresfläche liegt, besonders wenn Inseln vorliegen, oder der Lauf gewunden ist, niemals durch die Kräfte des Meeres, sondern allein durch die auf dem Festland wirksamen gegraben worden sein kann, und dass zur Zeit ihrer Bildung der Meeresstand nicht höher war als der Boden der Hohlform. Dies ist wichtig für das Verständniss der Fjordküsten, der Riasküsten und der Limanküsten (s. die näheren

Ausführungen im „Führer“), sowie der schmalen Einschnitte in Felsküsten, hinter denen sich seenartige Erweiterungen befinden. In allen diesen Fällen sind die Rinnen allein durch die Gewässer des Festlandes (zuweilen mit Hilfe von Gletschern) gegraben; insbesondere bei der Fjordküste ist zu beachten, dass die tiefsten Sohlen der Fjorde sich ehemals im Meeresniveau oder (falls das Eis ein tieferes Ausschleifen ausgeführt haben sollte) wenig unter demselben befunden haben.

8. Aenderung der Grenzen zwischen Land und Meer.

Schon das Vorschieben der Sandbänke und der zuletzt ausgeführte Gesichtspunkt betreffen Grenzveränderungen. Die wichtigeren sind diejenigen, welche auf Schwankungen in dem verticalen Verhältniss zwischen Festland und Meeresfläche beruhen und früher als Hebungen und Senkungen des Festlandes bezeichnet wurden, während jetzt die Kenntniss von der Möglichkeit regionaler Schwankungen des Meeresspiegels dazu geführt hat, den Ausdrücken: „positive und negative Strandverschiebung“ (d. h. Vordringen und Rückzug des Meeres) ihres neutralen Sinnes wegen den Vorzug zu geben. Diese Aenderungen sind von grosser Bedeutung für die Geschichte der Erdoberfläche in den jüngsten Zeiten und für die Verbreitung von Pflanzen und Thieren. Ihre Kenntniss ist mangelhaft, weil die Angaben häufig auf oberflächlicher und unzureichender Beobachtung beruhen. Der Reisende kann sich durch zuverlässige Untersuchungen auf diesem Gebiet, welche häufig in seinen Bereich fallen, Verdienste erwerben. Eine Zusammenstellung der wichtigeren Kennzeichen der Strandverschiebung in dem einen und dem anderen Sinn dürfte daher gerechtfertigt erscheinen.

a. **Kennzeichen einer negativen Verschiebung der Strandlinie** (Rückzug des Meeres oder Hebung des Landes). — Wenn man Spuren der ehemaligen Anwesenheit des Meeres in einem höher als die jetzigen Küsten gelegenen Niveau findet, so hat man anzunehmen, dass entweder das Meer sich zurückgezogen, oder das Land sich gehoben, oder Beides stattgefunden hat. Es muss indessen sorgfältig zwischen den Anzeichen, dass das Meer überhaupt irgend einmal in höherem Niveau gestanden hat, und den Beweisen für ein Fortsetzen

der negativen Verschiebung innerhalb der historischen und der gegenwärtigen Zeit unterschieden werden. Denn im ersteren Fall stellt der verticale Unterschied zwischen dem ehemaligen und dem jetzigen Meeresstand nur die Resultante aus allen Verschiebungen dar, welche in der Zeit zwischen dem einen und dem anderen stattgefunden haben. Diese Verschiebungen können einen oscillirenden Charakter gehabt haben, d. h. bald negativ, bald positiv gewesen sein; sicher ist nur der Ausschlag in ersterem Sinn erfolgt. Zu den allgemeinen Kennzeichen gehören:

1. Das Vorhandensein alter Strandterrassen, von deren Bildung oben (S. 261) die Rede war. Am deutlichsten sind sie an hochaufragenden Felsküsten, besonders bei leichter Schneebedeckung. Zuweilen kennzeichnet sich der ehemalige Strand durch Reste der an ihm angehäuften Tange oder Muscheln, durch Balanen, die noch dem Fels ansitzen, oder durch Löcher von Bohrmuscheln. Auf sandigem Boden sind Strandterrassen in der Regel nicht ausgebildet; in weichem Gestein haben äussere Agentien häufig ihre Spur vertilgt. Aber die frühere Anwesenheit des Meeres in einer gewissen Höhe macht sich durch Ansammlung von Treibholz, durch Anhäufung von Gesteinsstücken, die von einem ehemaligen Strandwall oder von gestrandeten Eisbergen herrühren können, durch Knochen von Walrossen und andere Merkmale kenntlich. — 2. Wo Flüsse an einer Steilküste des Meeres, oder an den Wänden einer tiefen Bucht, oder in tiefen Binnenseen münden, lagern sie Schuttkegel ab, auf deren Höhe sich das fliessende Gewässer deltaartig ausbreitet. Zieht das Meer sich zurück, oder erniedrigt sich der Spiegel eines Landsees, so schneidet der Fluss einen Canal in den alten Schuttkegel und wirft, sobald ein stationärer Zustand eintritt, einen neuen Schuttkegel in tieferer Lage auf. In dieser Weise können mehrere Schuttkegelterrassen auf einander folgen. Sie geben im Inneren von Fjorden eine erwünschte Ergänzung zu den in den äusseren Theilen vorhandenen Brandungsterrassen. Die erwähnten Marken von Balanen und Bohrmuscheln können einen Anhalt für die Verfolgung der Linie des alten Meeresstandes in den Zwischenräumen gewähren. Diese Art von Terrassen haben noch grössere Bedeutung an den Umrandungen ehemaliger Binnenseen und Binnenmeere, besonders wenn dieselben abflusslos waren und eingedampft sind. Die physische Geschichte der grossen centralasiatischen Becken wird sich an ihrer Hand ergründen lassen. — 3. Es ist wahrscheinlich, dass ähnliche, aber weit ausgedehntere Stufenbildungen dort hervorgebracht werden können, wo an den Küsten des offenen Oceans Sedimente durch Meeresströmungen in der auf S. 262 auseinandergesetzten Weise in grosser Breite dem Land angesetzt worden sind und das Meer sich nach einem tieferen Niveau zurückzieht. Solche Sandterrassen und Schlammterrassen sollten gewöhnlich Reste

mariner Thiere und Pflanzen enthalten. Doch muss man sich hier hüten, die durch das Setzen der weichen Sedimente veranlassten Stufen damit zu verwechseln. — 4. Korallenbänke und Korallenriffe, bei denen nicht nur der bedeckende Trümmersand, sondern Korallenstöcke selbst über das Niveau der höchsten Fluth aufragen, waren früher vom Meer bedeckt. Der aus den stattgehabten Bewegungen resultirende Betrag negativer Verschiebung der Strandlinie lässt sich bei ihnen genau feststellen. Sie sollten in tropischen Gegenden, besonders auf Inseln, stets sorgfältig beachtet und nach Höhenverhältnissen gemessen werden. Der Werth der einzelnen Zahl wird bedeutend erhöht, wenn in Nachbargebieten viele ähnliche Messungen ausgeführt werden, indem dadurch ein Vergleichungsresultat ermöglicht wird. — 5. Sichere Kennzeichen bei Flachküsten sind ferner Dünenreihen, welche den Stranddünen mehr oder weniger parallel gerichtet und in einigem Abstand von ihnen binnenwärts gelegen sind. Ferner Austernbänke, Muschelbänke und Ansammlungen von Schalthierresten überhaupt. Doch ist betreffs der Letzteren Vorsicht erforderlich. Sturmfluthen versetzen die Muschelreste und Tange der Küste oft weit in ein flaches Land hinein, bis zu beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel, und das Gleiche wird zweifellos durch Erdbebenfluthen in noch höherem Maass bewirkt. Schalthiergehäuse werden auch in vielen Fällen durch Menschenhand landeinwärts transportirt. Man wird den Ursprung leicht erkennen, wo grössere Ansammlungen durch die Verwendung zum Kalkbrennen, oder zu Mahlzeiten (wie bei den Kjökkenmöddinger) übrig geblieben sind. Aber es kommt auch (z. B. an den Küsten von China) vor, dass muschelhaltiger Meeresschlamm auf die Felder geführt wird. Man ist dann einer Täuschung leicht ausgesetzt. — 6. Starker Gehalt an Kochsalz und anderen Meeressalzen in dem der Küste zunächst gelegenen Schwemmland deutet stets darauf, dass dieses in nicht weit zurückliegender Zeit Meeresboden gewesen ist. Analog verhält es sich betreffs der Umrandung salziger Binnenseen. — 7. Auch die allgemeinen morphographischen Verhältnisse der Küstenländer können als Argumente für eine negative Verschiebung der Strandlinie herangezogen werden. Wo immer klippige Felsabstürze, welche den Charakter von Steilküsten haben, durch einen flachen Streif sandigen oder felsigen Vorlandes von der äussersten Grenzlinie der Brandungswirkung getrennt werden, hat man anzunehmen, dass ehemals die vordringende Brandungswelle vermittelst der Abrasion die Fläche geschaffen und sie mit Sedimenten bedeckt hat, und dass dann ein Rückzug des Meeres erfolgt ist. — 8. Die bisher genannten Kennzeichen sind allgemeiner Art. Es kommt nun noch darauf an, zu untersuchen, ob die negative Strandlinienverschiebung in historischer Zeit, oder überhaupt seit dem Dasein des Menschen in der betreffenden Gegend, stattgefunden hat, und ob sie sich gegenwärtig vollzieht. Ersteres wird sich erweisen lassen, wo man neben den sonstigen Kennzeichen eines binnen-

ländisch gelegenen alten Strandes Schiffstrümmer und andere Werke menschlicher Hand ausgeworfen findet, oder wo in einer den gegenwärtigen praktischen Gebrauch ausschliessenden Höhe über dem Meeresspiegel Haken und Ringe zum Befestigen von Schiffen angebracht sind, oder (wie im westlichen Kreta) Hafenbauten sich befinden. — 9. Ob die negative Verschiebung noch fortdauert, wird man zunächst durch Erkunden bei den Bewohnern zu erfahren suchen. Wo sie stattfindet, wissen Dieselben von der Trockenlegung ehemaliger Ankerplätze, von dem Bestehen von Feldern und Wiesen an Stelle ehemaliger Fischereiplätze, von dem Landfestwerden von Felsriffen u. s. w. zu erzählen. Leuchtthürme rücken landeinwärts, und ehemalige Hafenstädte werden durch Flächen von Sand und Schlamm vom Meer getrennt. Noch grössere Sicherheit erhält man, wo man alte Aufzeichnungen und Chroniken zu Rathe ziehen kann. Doch muss man sich in allen diesen Fällen vor vorschnellen Folgerungen hüten und genau untersuchen, ob die Ursache des Landzuwachses wirklich in einer Aenderung des Verticalverhältnisses von Land und Meer, und nicht vielmehr in der Anschwemmung fester Stoffe durch die vereinigte Thätigkeit von Flüssen und Meer liegt, wie in dem Fall der friaulisch-venezianischen Küste des adriatischen Meeres und mehrerer Stellen an den Maremmaküsten von Toscana. — 10. Die Gestalt der Küstenlinie und der Flussmündungen wird ebenfalls Aufschluss über die Art der gegenwärtigen Bewegung zu geben vermögen. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass überall, wo Meeresboden und Festland aus beweglichem Material bestehen, die an dem ersteren wirkenden Agentien auf ebenflächige Ausbreitung, die auf dem Festland thätigen auf Differenzirung der Bodengestalt hinwirken, so ist es klar, dass die Küstenlinie des sich zurückziehenden Meeres einfache, diejenige des vordringenden Meeres complexe Formen anzunehmen bestrebt sein wird. Eine im Kleinen ausgebuchtete Flachküste wird daher in der Regel auf gegenwärtige Fortdauer positiver, eine einfach gestaltete auf das Fortschreiten negativer Strandverschiebung hindeuten, gerade wie ein vom Wind bewegter Tümpel, der sich durch einströmendes Wasser in einem von Wagenspuren durchfurchten Boden bildet, bei dem Vordringen in alle Furchen eingreift, beim Zurückweichen aber wegen der inzwischen erfolgten Umlagerung von einfachen Linien umrandet wird. Indessen gilt dies bei dem Meer nicht allgemein, da auch der flache Meeresboden wellige Erhöhungen hat, die bei dem Rückzug zu Sandbänken und Inseln gestaltet und nachher nicht selten durch eine schmale Landzunge mit dem Land vereinigt werden. Solche Sand- oder Schlamm-Wellen pflegen langgedehnt und der Küste parallel zu sein und sind dadurch kenntlich. Die Unebenheiten des Landes hingegen sind, der Richtung der abfliessenden Gewässer entsprechend, in der Regel ungefähr rechtwinklig zur Küstenlinie gerichtet; daher greift das Meer in entsprechend gestalteten Buchten ein. Wo aber keine fliessenden Gewässer vorhanden sind, und der Wind die Unebenheiten ver-

anlasst hat, können diese ebenfalls langgedehnte, der Küste parallele Formen haben. Es ist daher dieses Moment mit Vorsicht anzuwenden, und es sollte gleichzeitig auf andere Merkmale geachtet werden. Betreffs der Flussmündungen giebt es ziemlich sichere Kennzeichen für positive, weniger zuverlässige für negative Verschiebung. Letztere wird in allen Fällen anzunehmen sein, wo ein sedimentarmer Fluss in einem vorgeschobenen Delta mündet.

b. **Kennzeichen positiver Strandverschiebung.** — Insoweit sich die Untersuchung auf die Thätigkeit des Meeres gründet, ist die positive Strandlinienverschiebung schwierig wahrnehmbar, oder doch nur auf die Stätten der in der jüngsten Vergangenheit stattgehabten Meeresarbeit beschränkt, da die Spuren der früheren unter dem Meer verborgen liegen. Die Beobachtung wird also hier mit dem specielleren Verhältniss beginnen.

1. An manchen Küsten ist die historische Ueberlieferung reich an Thatsachen, welche für ein Vordringen des Meeres sprechen. Bauwerke und ganze Ortschaften sind versunken, ihre Reste zuweilen noch unter dem Wasser erkennbar, ebenso wie die Baumkronen untergetauchter Wälder. Die Bewohner, oder Chroniken aus älterer Zeit berichten von dem Verschwinden von Wiesen und Feldern unter dem Meerwasser. Es ist jedoch hierbei, wie die kritische Sichtung des bezüglich des angeblichen Sinkens der Nord- und Ostsee-Küsten vorliegenden Materials ergeben hat, dreierlei zu prüfen: erstens die Glaubwürdigkeit der Ueberlieferung in solchen Fällen, wo sie durch Beobachtung nicht gestützt wird; dann die Frage, ob das Vordringen des Meeres nicht bloss eine Folge der ohne Niveauveränderung stattgehabten Küstenzerstörung, z. B. durch Sturmfluthen, ist; und endlich, ob nicht die Erscheinung, falls die Thatsachen sich als richtig erweisen, nur ein örtlich beschränktes Phänomen ist. Es kann beispielsweise an Flussanschwemmungen und Deltagebilde gebunden, von den Erscheinungen an benachbarten Felsküsten, welche vielleicht die umgekehrte Verschiebung zeigen, durchaus unabhängig und allein durch das Zusammensinken der lockern Sedimentmassen bewirkt sein. In diesem Fall sind die einschlägigen Erscheinungen sorgfältig zu sammeln; aber man muss sich hüten, die angrenzenden Küstenstriche als „Senkungsküsten" zu bezeichnen, ehe sie als solche erwiesen sind. — 2. Andere, anscheinend sicherere Kennzeichen beziehen sich auf grössere Tiefen unter der Oberfläche, indem man bei Brunnengrabungen und anderen Erdarbeiten in einem unter dem Meeresspiegel gelegenen Niveau auf menschliche Artefacte und Bauwerke, auf Torfmoore oder auf Schichten mit Landschnecken, Knochen von Landsäugethieren und Resten von Landpflanzen stösst. Da sich indess auch diese Funde auf das Schwemmland beschränken, so ist ihr Werth ebenso bedingt, wie derjenige der vorher genannten

Beobachtungen. An einer Küste, an welcher Brandungswirkung stattfindet, können solche Reste sich nur in den durch Versenkung in tiefere Lage gekommenen Sedimenten der Flüsse befinden, weil die allmählich vordringende Brandungswelle sie zerstören würde. Beweise für eine positive Verschiebung der Strandlinie können sie daher nur dann bieten, wenn die Fundstellen in geschützten Buchten, oder in brandungslosen Meerestheilen liegen, und auch dann kann die genannte Schlussfolgerung in einiger Allgemeinheit nur gezogen werden, wenn alle an vielen Orten gesammelte Thatsachen auf eine gleichartige Verschiebung entlang einer ausgedehnten Küste sprechen. — 3. Grössere und allgemeinere Beweiskraft ist der vorsichtigen Anwendung morphographischer Merkmale beizumessen. Es wurde eben erwähnt, wie die feine Gliederung einer Flachküste auf positive Verschiebung hindeutet, indem das Meer zwischen die kleinen ausspringenden Theile in Buchten eingreift und Flachgründe hinter natürlichen Aufdämmungen überfluthet. — 4. Wo die Brandungswelle an einer Felsküste arbeitet, und über dem Niveau der Fluth eine vormalige Einwirkung nicht erkennbar ist, wird entweder ein stationärer Zustand, oder eine positive Verschiebung anzunehmen sein. In letzterem Fall werden die Felsabstürze abgebrochen, im ersten in der Regel durch äussere Einflüsse bis zum Fluthniveau abgeflacht oder abgedacht sein. Die Annahme fortdauernder positiver Verschiebung gewinnt an Sicherheit, wenn ein zur Fluthzeit bedeckter Abrasionsstrand an eine abstürzende Felswand grenzt. An Küsten, welche an Buchten und Inseln reich sind, wird stellenweise die Abrasion verhindert. Wenn sich dann (wie im Tschusan-Archipel und an der benachbarten chinesischen Festlandsküste) Schlammbänke ausbreiten, welche zur Fluthzeit gerade vom Wasser bedeckt, zur Ebbezeit trocken gelegt werden, so hat man es sicherlich mit einer noch obwaltenden positiven Verschiebung zu thun; denn der geringste Rückzug des Meeres würde die höheren Theile der Bänke trocken legen, ein Stillstand sie successive landfest werden lassen. Die inselumlagerte Westküste von Korea scheint dieses Merkmal in noch ausgedehnterer Weise zu bieten. — 5. Nicht minder sicheren Anhalt geben die Flussmündungen. Ihre Canäle sind nicht durch das Meer, sondern durch die Flüsse gegraben. Sind sie vom Meer ausgefüllt, so hat daher dieses durch Vordringen Besitz von denselben genommen. Nach dem Maass, in welchem dies geschehen ist, wird sich die Grösse des Betrages ermessen lassen, welchen die positive Verschiebung seit der Zeit des Aushöhlens der Mündungscanäle insgesammt, als Resultante aller positiven und negativen Bewegungen, erreicht hat. Von diesem Gesichtspunkt konnten Küsten von gewissen Typen (S. 263) als solche bezeichnet werden, an welchen eine positive Strandverschiebung stattgehabt hat. Es schliessen sich daran in zweiter Linie Beobachtungen zum Zweck der Constatirung, ob nicht in den jüngsten Epochen die Bewegung vorherrschend eine entgegengesetzte gewesen ist, wie es bei fast

allen Fjordküsten der Fall zu sein scheint. Wo Flüsse eine einfache Deltamündung haben, ist innerhalb der letzteren häufig ein Vordringen des Meeres nachweisbar, welches, wie gesagt, durch Zusammensinken der Sedimente erklärbar sein kann, während von den angrenzenden Küstenstrecken das Meer zurückweicht. Wie aber durch diesen Vorgang die Deltabildung nicht ausgeschlossen ist, so scheint sie auch an Küsten stattfinden zu können, bei welchen positive Verschiebung in grösserer Ausdehnung stattfindet, vorausgesetzt, dass die Bedeckung der untergetauchten Theile mit Sedimenten mindestens dem Sinken das Gleichgewicht hält. Es kann aber jenes bei sedimentreichen Flüssen noch schneller geschehen, als dieses, und dadurch trotz des Sinkens ein stetiges Anwachsen der Sedimentfläche, falls die Strömungen sie gestatten, stattfinden. — 6. Das Fortwachsen der Korallenbauten darf an solchen Stellen, wo diese aus tiefem Meer sich erheben, als ein Beweis für das Sinken des Landes oder die positive Strandlinienverschiebung betrachtet werden.*)

9. Korallenbauten.

Nur gewisse Arten von Korallenthieren sind riffbauend. Sie sind auf die Tiefenzone von 0 bis höchstens 40 Meter, auf Meere, in denen das geringste Monatsmittel der Temperatur nicht unter 20° C. beträgt, und auf reines Salzwasser beschränkt. Sind diese Bedingungen, zu denen Strömungen und kräftige Brandung als begünstigende Momente hinzukommen, erfüllt, und sind überhaupt Korallenstöcke angesiedelt so kann durch fortdauernden Ansatz neuer Stöcke ein Fortwachsen des Baues in der Horizontale und, bis zur Erreichung der Meeresoberfläche, in der Verticale stattfinden. Die Tiefen des ersten Ansatzes auf nicht corallinem Meeresboden sind nicht bekannt; da sie aber 40 m nicht überschreiten können, so sind die Ansätze auf Küstenzonen der Continente und Inseln und auf submarine seichte Bänke beschränkt; im ersteren Fall auf solche Stellen, welche frei von Süsswasserströmen und der Zufuhr von Schlamm sind. Je weiter die Entwickelung fortschreitet, und zu je grösserer Ausdehnung die Bauten anwachsen, desto mehr ist die Tendenz

*) Eine ausführliche Darlegung der Strandverschiebungen an den verschiedenen Küsten hat Dr. F. G. Hahn in seiner Abhandlung „Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten“ (Leipzig 1879) gegeben. Es ist zu beachten, dass sie vor der Aenderung der Ansichten über die einheitliche Natur der zu Grunde liegenden Bewegungen geschrieben worden ist.



zu regelmässiger Gestalt in der Gesammtanordnung der Stöcke vorhanden, während der differenzirende Einfluss der Unterlage zurücktritt. An der Seite des offenen Meeres findet, wahrscheinlich in Folge des Wogenandranges, ein Fortwachsen nach der Höhe statt, und je mehr dies fortschreitet, desto geringer wird die Intensität der Fortentwickelung auf der Landseite; zugleich geschieht sie hier wesentlich nach der Richtung der Breite. Es waltet daher das Streben nach der Sonderung einer äusseren Umwallung und eines flachen Binnentheiles. Die erstere wächst allmählich an einzelnen Stellen bis zur Oberfläche heran. Die Wellen brechen sich an ihr, erzeugen ihr entlang eine Brandung und schreiten beruhigt nach der geschützten Seite fort. Starke Strömungen begünstigen, wie bemerkt, das verticale Wachsen und können ihm in einem vor Brandung geschützten Archipel allein zu Grunde liegen. Zugleich bringen untergeordnete Strömungen kleinere Differenzirungen in den Formen hervor; denn da sich in der Regel Canäle ausbilden, durch welche zur Ebbezeit das bei der Fluth nach der Binnenseite hinübergetriebene Wasser abströmt, so bleiben dieselben als freie Rinnen bestehen. An ihren Wänden dauert das verticale Wachsen fort, aber eine Breitenentwickelung findet an ihnen nicht statt. Während auf der flachen Innenseite die Oberflächengestaltung örtlich sehr wechseln kann, tritt im Aussenwall nach Maassgabe seiner Ausbildung die angeführte Tendenz zu regelmässiger Anordnung des Gesammtbaues schärfer hervor. Er begleitet die Küsten, bald in grösserem, bald in geringerem Abstand, in langen schmalen Zonen oder in leicht geschwungenen Bogen, ohne die kleinere Einzelgliederung jener zu wiederholen. Umzieht die Küste eine Insel, so schliessen sich die nach aussen convexen Curven um diese herum und bilden einen Ring.

Dies scheinen die Grundformen des Baues zu sein. Doch gestalten sie sich im Einzelnen sehr mannigfaltig. Wo die Küste steil und klippig zu grosser Tiefe abfällt, fehlen die Korallenbauten fast gänzlich, da sich kein geeigneter Grund für die erste Ansiedelung bot. Wo jene sich abflacht, finden sich die Polypenbauten ein, mit Ausnahme der Stellen, an welchen trübes Wasser oder überhaupt viel Süsswasser vom Land herabkommt. Aber häufig fehlt der nach aussen steil abfallende Wall; flache Bauten allein breiten sich weithin aus. Die

Ursache mag in manchen Fällen darin beruhen, dass weder eine constante Strömung, noch eine bestimmte Wetterseite vorhanden ist, sondern Beides häufigem Wechsel unterworfen ist. Doch ist dies im einzelnen Fall zu untersuchen; es können auch andere Ursachen zu Grunde liegen. So würde, wie Darwin erkannte, eine negative Strandverschiebung fortdauernd neue Zonen des Meeresbodens, die vorher zu tief lagen, in den Bereich der Ansiedelung der Korallenthiere bringen, und ehe ein Wall aufgebaut wäre, würden schon neue Flachbauten ausserhalb bestehen. Darwin gründete auf diese Verschiedenheiten in der Anordnung die Eintheilung der die Küsten begleitenden und die hohen Inseln umgebenden Korallenbauten in die bekannten Kategorien der Saumriffe und Wallriffe. Doch sind dies extreme Ausbildungsformen desselben Typus, und man findet zahlreiche Zwischenstufen, bei denen man weder von der einen, noch von der anderen Form reden kann.

Erwünscht sind zunächst Beobachtungen über den ersten Ansatz von Stöcken riffbauender Korallenarten. Ausser dem Meeresboden an Küsten würden durch Hebung trocken gelegte Ansätze von Riffbauten dazu Gelegenheit geben. Die Unterschiede von felsigem, sandigem und schlammigem Boden, von Kalkstein und anderen Gesteinen, von seichter und steiler Böschung sind dabei zu berücksichtigen. Es würde sich dann fragen, ob die Stöcke sich unmittelbar auf nicht felsigem Boden ansiedeln können, oder ob sie einer durch andere kalkabsondernde Thiere gebildeten Unterlage als Vermittelung bedürfen, ob Korallenschlamm an sich schon für die Ansiedelung hinreicht, welche Meerestiefen derselben günstig sind u. s. w. Da der Riffbau wahrscheinlich in einer der Brandungswirkung entzogenen Tiefe beginnen kann, so sollten die ersten Stadien, bis zur Erreichung der Meeresfläche, sich von den späteren in vielen Fällen durch den Mangel der Betheiligung von Korallen- und Muschelsand (der sich nur in der Brandungszone bilden kann) am Aufbau auszeichnen, und die Gehäuse der zahlreichen mit und auf den Korallen lebenden Schalthiere sollten unzertrümmert erhalten sein.

Derartige Beobachtungen können an den S a u m r i f f e n angestellt werden, welche oft den Grund nur in dünner Kruste und mit vielfacher Unterbrechung überkleiden und mancherlei Störungen und Unterbrechungen in ihrem Wachsthum ausgesetzt sind. — Besondere Beachtung verdienen die auf breiten Untiefen

angesiedelten, die Küste nicht unsäumenden, sondern von ihr getrennten Riffbauten, die man als Bankriffe bezeichnen kann. Man findet sie im Niveau des Meeres als unregelmässige Decken, die von säulenförmigen Bauten getragen werden und daher Schirmriffe genannt worden sind. Ihr Studium, nebst dem des unter der Decke verborgenen, den Lichteinflüssen entzogenen Thierlebens dürfte von Wichtigkeit zur Erklärung mancher kalkiger, an Korallen und Schalthieren reicher Einlagerungen im Flözgebirge der Schollenländer sein. — Bei den Wallriffen kann man äussere und innere unterscheiden. Der äussere, der Brandung ausgesetzte Wall begleitet das Land zuweilen in grösserem Abstand, kann aber auch stellenweise dicht an die Küste herantreten; bei Atollen fehlt die letztere; sie können als ringförmig geschlossene Wallriffe bezeichnet werden. Das von dem Wall allein, oder von dem Wall und der Küste eingeschlossene Wasser ist ruhig und dem Bau der Korallenthiere wenig günstig; doch steigen innerhalb der Becken einzelne flache und lockere, an der Oberfläche ausgeebnete Bauten, deren Existenzbedingungen in jedem einzelnen Fall untersucht werden sollten, auf; man kann sie als innere Wallriffe bezeichnen.

Die Beobachtungen über Bau und Fortentwickelung der Riffe können die kleinsten wie die grössten Verhältnisse betreffen; was für das Einzelne gilt, findet leicht seine Anwendung auf das Allgemeine. Diejenigen Factoren, welche die Entwickelung des einzelnen Polypenstockes beeinflussen, werden in den meisten Fällen auf das ganze Riff bestimmend einwirken. Dies sollte der Reisende dann beherzigen, wenn ihm, wie es meist der Fall sein wird, die Gelegenheit zu erweiterter Untersuchung nicht gegeben ist. Die letztere richtet sich vor Allem auf die Gestalt des Baues in der Verticale. Genaue Profile, besonders des äusseren Abfalls gegen das tiefe Meer, sind erforderlich, um das Wesen grosser Riffbauten zu erkennen; bei Atollen sind sie nach allen Seiten zu construiren, und es ist dabei das Verhältniss jeder Seite zu den Richtungen der vorherrschenden Strömungen zu beachten, da dieselben einen wesentlichen Einfluss auf die Anhäufung des Korallensandes haben müssen. Man pflegt die Koralleninseln nach dem Vorgang von Darwin als steil aus tiefem Meer aufsteigende Bauten zu construiren. Wahrscheinlicher ist es, dass der Bau in einen festen

Kern und eine lockere äussere Hülle zerfällt; dass der durch die Korallen aufgeführte feste Bau eine nach oben sich verbreiternde, gegen die Hauptrichtung der Strömungen und der Brandung überhängende Gestalt hat, derselbe aber von einem sehr ausgebreiteten, allmählich sich abflachenden Schuttkegel, der unter der Brandungsregion aus Trümmerblöcken, weiterhin aus Korallensand und in noch weiteren Zonen aus Korallenschlamm besteht, umgeben ist.

Ein hervorragendes Gebiet für die Untersuchungen der Bildungsvorgänge bietet der Brandungsstrand. Die Stätte des neuen Wachsthums der Koralleh hat ihr oberes Ende am unteren Rand der meist 30 bis 100 m breiten Strandfläche, wo durch Fortwuchern die Tendenz zur Bildung nach aussen gerichteter Ueberwallungen obwaltet, und setzt an der Aussenseite des Riffes fort bis zu der Tiefe, in welcher die Korallenthiere leben können. Es wird dadurch auch bei gleichbleibendem Meeresstand der Zerstörung fortdauernd neues Material geliefert, was bei einer Felsküste nicht der Fall ist. Es ist an dieser Stätte auf den Antheil der den Bau wesentlich verfestigenden und besonders am Saum sich ansiedelnden Kalkalgen zu achten. Die zur Fluthzeit herandrängenden Wellen haben das Bestreben, die durch die heftige Brandung losgerissenen Blöcke, soweit sie nicht nach abwärts fallen, sondern auf den Strand gerathen, zu zertrümmern. Feiner, aus der Zerstörung von Korallen und Muschelschalen hervorgegangener weisser Kalksand wird von oben nach unten auf der Strandfläche fortbewegt, während die Blöcke in entgegengesetzter Richtung allmählich den Strand hinauf wandern bis zu der Stätte der hauptsächlichsten Zerstörung. Dort häufen sie sich durch Wirkung der Sturmwellen zu einem unter 30 bis 35° ansteigenden Blockwall an. Ein Theil des Sandes wird durch Winde auf die Höhe des Strandwalles und weiter über ihn hinweg nach der Randlagune oder dem Atollsee geführt; ein anderer, jedenfalls sehr viel grösserer Theil wird durch die rückläufigen Wellen und durch Strömungen fortgenommen.

Hieraus ergiebt sich das Verständniss für die Zusammensetzung der Korallenbauten. An der Oberfläche bildet das Ebbeniveau die obere Grenze des festen Baues aus Polypenstöcken. Die darüber hervorragenden Theile, also alle nicht gehobenen Koralleninseln, gleichviel ob sie ein Atoll oder ein

Wallriff krönen, bestehen aus Trümmern und erreichen meist nur eine Breite von 50 bis 300 Meter. Korallenblöcke, die ein Volumen bis zu 2 oder 3 Kubikmeter haben können, bilden die äussere Stütze für die weitaus vorherrschenden Anhäufungen von Korallensand und werden mit diesem zusammen durch Regenwasser leicht cementirt.

Von den genannten Beobachtungen über gegenwärtige Verhältnisse sind diejenigen zu trennen, welche sich auf die Entwickelungsgeschichte der Riffbauten beziehen. Da das Leben der in Betracht kommenden Arten von Polypen von einer gewissen Summe von Bedingungen abhängt und sofort erlischt, wenn eine derselben in ungünstigem Sinn sich ändert, so kann ein Bau leicht stellenweise oder in seiner Gesammtheit zum Stillstand in der Entwickelung kommen. Eine geringe Abnahme der Temperatur, die Ueberführung mit Schlamm, das Zuströmen süssen Wassers, die Trockenlegung werden ein ganzes Riff sofort tödten. Ein Stillstand muss aber auch dann eintreten, wenn die günstigen Bedingungen unverändert fortdauern. Denn wenn der Bau die Oberfläche des Meeres erreicht hat, so kann zwar bei seichtem Meer noch ein weiteres seitliches Fortwachsen stattfinden; aber bei tiefem Meer ist dieses, ebenso wie das Fortwachsen nach der Höhe, in jedem Fall, unmöglich. Es bedarf daher zur steten Weiterentwickelung durch lange Zeiträume einer steten Erneuerung der günstigen Bedingungen, insbesondere einer steten Wiederherstellung günstiger Wassertiefe. Wird ein Riff gehoben, oder zieht das Meer sich zurück, so kann ein Ansatz neuer Bauten nach der Breite geschehen, indem an den Flanken des alten Riffes ein erneuter Aufbau in der jedesmaligen günstigen Tiefenzone stattfindet. Senkt sich der Meeresboden, oder steigt die Meeresfläche, so wird über dem Gipfel des Riffes ein neuer Spielraum zum Fortbau bis zur neuen Oberfläche geschaffen. Hierauf beruht die Korallenrifftheorie von Darwin und Dana, deren Grundzüge sich mehr und mehr bewähren. Ist ein Riff hoch über das Meer erhoben und senkt es sich dann wieder allmählich in dasselbe hinab, so wird diese Senkung von einer Abrasion durch die Brandungswelle begleitet sein, und über dem abgenagten Rumpf werden die Polypen, wenn sonst noch die günstigen Bedingungen vorhanden sind, sofort ein neues Riff bauen können. So wird der Wechsel im relativen Niveau

der Meeresfläche die Geschichte eines in hinreichend warmem Meer gelegenen Riffes in verschiedenster Weise beeinflussen. Dem Bau kann in seinem ersten oder in späteren Stadien ein Ende bereitet worden sein; es kann aber auch ein Riff die Mächtigkeit von mehreren tausend Metern erreichen. Scharfsinnige Schlussfolgerung auf Grund sorgsamer, in einer grösseren Gruppe von Korallenbauten ausgeführter vergleichender Untersuchungen wird einzelne Phasen dieser Geschichte, welche mit denen der Geschichte grösserer Erdräume zusammenfallen, ergründen können. Besonderer Erforschung nach dieser Richtung sind aber die bis auf ihre Unterlage trockengelegten Korallenbauten werth, vorzüglich wenn es gelingen sollte, ein solches zu finden, welches durch Erosion bis auf den Grund aufgeschlossen ist. Gehobene Korallenriffe haben in der Regel den Charakter eines ausserordentlich höhlenreichen, an den Decken der Hohlräume mit Stalaktiten besetzten Kalksteins, zuweilen aber ist dieser vollkommen dicht und macht die sichere Erkennung seiner Natur schwierig. Häufiger und deutlicher gekennzeichnet findet man den in grossen Massen abgelagerten, oft cementirten Korallensand.

10. Gegenwärtige Bewegungen in der Erdrinde. — Erdbeben.*)

Wesen, Ursprung und Verbreitung der Erdbeben. — Unter Erdbeben versteht man gemeinhin die deut-

*) Diesem Gegenstand war in der ersten Auflage des gegenwärtigen Werkes ein besonderer grösserer Abschnitt von der Hand des verstorbenen Professors Karl von Seebach gewidmet. Er selbst hatte, nächst Mallet, kurz zuvor bahnbrechend in der Erdbebenkunde gewirkt, und erst von jener Zeit datirt ihre wissenschaftliche Behandlung in einer bereits umfangreich gewordenen Literatur (s. die Zusammenstellung in Credner's „Elementen"), bis in neuester Zeit unter Milne's ausgezeichneter Leitung Japan sich zum classischen Land für Seismologie emporschwang, und reiche Förderung von dort zugetragen wurde. Da Seebach den Gegenstand in Lehrbüchern unvollkommen behandelt fand, ging er mit ausführlichen Darlegungen weit über den Rahmen einer „Anleitung für Reisende" hinaus. Dies erscheint heute nicht mehr erforderlich. Der Reisende findet in den oben (S. 129, 130) genannten Lehrbüchern von Neumayr, Credner, de Lapparent und Anderen ausreichende Unterweisung; es genügen hier um so mehr einige Winke für die Beobachtung, als sich auf Reisen eine Gelegenheit zu weitgehenden theoretischen Erörterungen auf der Grundlage umfassenden Materials nicht bietet.

lich fühlbaren Erschütterungen des Erdbodens, insoweit die Kraftäusserungen, auf denen sie beruhen, ihren Sitz unter der Erdoberfläche haben; es werden daher diejenigen Erzitterungen, welche von Menschenwerk (Dampfhammer, Lastwagen u. s. w.) oder von Bergstürzen herrühren, nicht in den Begriff eingeschlossen. Der Erschütterung kann eine Explosion zu Grunde liegen; dies ist die im Kleinen häufig wahrnehmbare, im Grossen wahrscheinliche Ursache vieler Erdbeben in vulcanischen Gegenden. Eine weit allgemeinere Veranlassung sind plötzliche, innerhalb der Erdrinde eintretende Bewegungen fester Massen, welche dadurch entstehen, dass eine Spannung so lange wächst, bis sie den Widerstand der Cohäsion plötzlich überwindet oder zu überwinden beginnt. Dies findet z. B. bei der Torsionsbewegung von Schichtgesteinen statt, welche mit nur geringen Verschiebungen brechen, wie (nach Daubrée's Versuchen) eine an beiden Enden in Schraubstöcke gespannte Glasscheibe, wenn man einen Schraubstock langsam gegen den anderen dreht. Bedeutender ist die Massen-Bewegung, wenn einer Gesteinsmasse die Unterlage entzogen wird, oder wenn die letztere sehr langsam zurücksinkt und die erstere nachfolgt. Den deutlichsten Fall des Zusammenbrechens findet man im Kalksteingebirge, wo die Höhlenbildung durch Auslaugung eine häufige, wesentlich an die Nähe der Oberfläche gebundene Erscheinung ist. Es können sehr grosse Hohlräume entstehen und der Einsturz plötzlich erfolgen. Letzterer ist zuweilen die Folge eines grösseren Erdbebens, zieht aber selbst eine Erschütterung nach sich. Während sich dies beobachten lässt, ergiebt es sich als eine nothwendige und vollkommen sichere Folgerung aus der bekannten auflösenden Kraft der unterirdisch circulirenden Gewässer, dass unter grösseren Gebieten die Unterlage der Gesteine entweder in ihrer ganzen Ausdehnung oder an einzelnen Stellen gelockert und geschwächt wird. Selten wird die ganze überlagernde Masse allmählich nachsinken, weit häufiger der Zusammenhalt unter wachsender Spannung gewahrt bleiben, und erst nach längerer Zeit ein Zusammenbrechen eintreten, welches in der Regel eine Periode fortgesetzter Bruchbildungen bis zur Herstellung einer vollkommenen Anpassung eröffnen dürfte; die Folge würde eine Reihe schwacher Erschütterungen sein. — Die Bildung wirklicher, weit klaffender und wahrscheinlich oft sehr ausgedehnter Hohlräume ist

auch eine nothwendige Begleiterscheinung aller vulcanischen Thätigkeit, indem die im Inneren befindliche erkaltende Lava sich auf ein kleineres Volumen zurückzieht; die Entstehung von Einbruchskesseln kann nicht ohne Erschütterung vor sich gehen.

Den letztgenannten, auf kleine Verhältnisse beschränkten Vorgängen sind die Bewegungen analog, welche durch die Processe der Gebirgsbildung und die Erkaltung des Erdballs im Grossen hervorgerufen werden. Es wurde oben (S. 163ff.) der Bruchbildungen auf der Innenseite der Faltungsgebirge gedacht, welche wahrscheinlich auf der Contraction der Unterlage durch Rückgang der Geoisothermen beruhen, ferner der Querverschiebungen, welche die gefaltete Aussenseite durch Querbrüche in Folge der Wirkung tangentialer Kräfte erleidet, sowie der sehr bedeutenden, die Erdrinde bis in grosse Tiefe bewegenden Verticalverwerfungen, welche in erloschenem, ebenso wie in abradirtem Faltungsgebirge auftreten. Jede derartige Verwerfung ist eine Massenbewegung, welche sich vermittelst einer durch kürzere oder längere Zeit fortgesetzten Reihe von Verschiebungen, bald kleineren, bald grösseren Betrages vollzogen hat, und mit jeder Verschiebung muss nothwendig die Erschütterung eines Erdraumes von geringerem oder ausgedehnterem Umfang verbunden gewesen sein. Dasselbe gilt von allen gebirgsbildenden Vorgängen überhaupt, insbesondere den damit verbundenen Faltungen und inneren Stauungen. Jede ruckweise erfolgende Auslösung einer Spannungsdifferenz muss eine Erschütterung nach sich ziehen, die, wenn sie deutlich wahrnehmbar ist, als Erdbeben bezeichnet wird. Befindet sich auch die Erdrinde, nach den grossen Deformirungen, Gebirgserhebungen und Gesteinsausbrüchen, welche sie in der Tertiärzeit erlitten hat, in einem Zustand verhältnissmässiger Ruhe, so finden doch, abgesehen von der langsam fortschreitenden allgemeinen Abkühlung der Erde und dem Nachsinken ihrer Hülle, ununterbrochen innere Umwandlungen, Wärmeschwankungen, Auslaugungen durch erhitzte Gewässer u. s. w. in hinreichendem Grad statt, um die Gleichgewichtslage fortdauernd, wenn auch in noch so geringem Maass, zu stören und dadurch den Anlass zu Spannungsdifferenzen und, in weiterer Folge, zu deren Auslösung, d. h. zu Erderschütterungen, zu geben. Diese Ansicht von den der grossen Mehrzahl von Erdbeben zu Grunde liegenden Ursachen hat sich gleichzeitig mit der wachsenden

Erkenntniss der gebirgsbildenden Kräfte durch das Studium der Verbreitungsgebiete einzelner Erdbeben mit Rücksicht auf die Gebirge und die sie durchsetzenden Bruchlinien, insbesondere nach dem Vorgang von Suess, entwickelt. Sie findet ihre Bestätigung in dem Umstand, dass die Regionen, welche am meisten von Erdbeben heimgesucht werden, mit denen zusammenfallen, in welchen sich die grössten Erdrindenbewegungen in jüngster geologischer Zeit zugetragen haben. Dieselben bilden eine Zone, welche, von der Iberischen Halbinsel beginnend, gewisse Theile der das Mittelmeer im Norden begrenzenden Länder umfasst und, mit einem Ausläufer nach den grossen Grabenbrüchen der Jordanspalte und des Rothen Meeres, nach Asien hinübersetzt, hier den grossen Faltungsgebirgen folgt und in den Inselbögen des südöstlichen und östlichen Asiens ein Gebiet besonders heftiger Erdbewegung erreicht, um dann in den Anden von Nord-Amerika fortzusetzen, in Central-Amerika und West-Indien noch ein Gebiet gesteigerter seismischer Thätigkeit zu treffen und mit der Westküste von Süd-Amerika, soweit sichere Beobachtung geht, ihr Ende zu erreichen. Alle anderen Theile der Continente sind vergleichsweise in Ruhe; doch giebt es auch in ihnen Regionen häufigerer Erschütterung, wie in Deutschland die spät gebildete Grabensenkung des oberen Rheinthales und das Querthal des Rheines von Bingen bis Wesel.

Eine andere Reihe von Untersuchungen, an denen sich zuerst A. Mallet, v. Seebach und v. Lasaulx betheiligt haben, hat dazu geführt, die Erdbeben als Folge der durch einen Stoss im Inneren der Erdrinde veranlassten und durch die Masse der letzteren fortgesetzten Wellenbewegung zu erkennen. Der Stosspunkt wird als das Centrum bezeichnet; von ihm aus würde die Fortpflanzung der Wellenbewegung in einem gleichförmigen Medium allseitig gleichartig erfolgen, wobei die Intensität mit dem Quadrat der Entfernung abnehmen würde. Die Curven gleicher Intensität würden Kugelflächen um den Stosspunkt bilden. Ein senkrecht über dem letzteren gelegener Punkt der Erdoberfläche würde zuerst, und zwar durch einen senkrechten Stoss, zugleich mit dem Maximum der Intensität, erreicht werden; man nennt ihn das Epicentrum. Zieht man um ihn concentrische Kreise, so würde jeder weiter ab gelegene Kreis mit wachsender Verspätung, mit geringerer Intensität und unter einem spitzeren Winkel (dem Emersions-

winkel) getroffen werden. Die Curven, welche durch gleichzeitiges Eintreffen des ersten Stosses bezeichnet werden, nennt man Homoseisten, diejenigen, welche die Orte von gleicher Intensität und gleichem Emersionswinkel verbinden, Isoseisten. Auf ebener Fläche würden sie, wenn der Stoss von einem Punkt ausging und die Fortpflanzung durch gleichartiges Medium geschah, zusammenfallen und Kreise bilden. In der Wirklichkeit sind aber die Verhältnisse nicht so einfach. Einerseits geht der Stoss nicht von einem Punkt aus, sondern entweder (wie bei Explosion oder bei Zusammenbruch) von einem unregelmässig begrenzten Raum, oder (wie bei Verwerfungen) von einer senkrecht oder schief gestellten, vielleicht sehr ausgedehnten Fläche; andererseits ist das Medium, durch welches die Wellenbewegung sich fortpflanzt, keineswegs gleichmässig, sondern kann die verschiedensten Modificationen, Unterbrechungen durch Spalten u. s. w. darbieten. Daher decken sich in keinem Fall Homoseisten und Isoseisten, und sie bilden nicht Kreise, sondern haben die Gestalt sehr unregelmässiger Curven, um so mehr als das Epicentrum nur selten ein engbegrenzter Ort sein kann, sondern in der Regel die Form einer langgestreckten schmalen Zone haben wird. Es dürfte auch häufig der Fall eintreten, dass, in Folge der Ungleichartigkeit der Fortpflanzung der Wellen, das Gebiet intensivster Erdbebenwirkung nicht mit jener epicentrischen Zone zusammenfällt. Angesichts dieser Schwierigkeiten sind die mühevollen und an sich sehr verdienstlichen Versuche, die Tiefe, in welcher der ein Erdbeben primär veranlassende Stoss sich vollzog, und die Gestalt des Ortes, von dem die Wellenbewegung ausging, zu bestimmen, als unvollkommen zu bezeichnen. Mallet stützte die Berechnung auf die Isoseisten, v. Seebach und v. Lasaulx auf die Homoseisten. Die ermittelten Tiefen liegen zwischen 5000 m und 30000 m. Dieser fundamentalste und sehr schwierige Theil der Erdbebenforschung ist erst im Beginn seiner Entwickelung.

Aufgaben der Forschung. — Es ist nach dem Gesagten klar, worin der Zweck von Beobachtungen über Erdbeben besteht. Es gilt, deren Wesen im Allgemeinen, und in jedem einzelnen Fall die Lage des Herdes der Erschütterung, die Art der Fortpflanzung von ihm aus, die Abhängigkeit der Bewegung von Gesteinsart und Gebirgsbau, und, als letztes Ziel, die Ursachen der Erschütterung kennen zu lernen. An

diese Aufgaben kann man nur in bevölkerten und civilisirten Ländern mittelst mühsamer Arbeit herangehen, da es darauf ankommt, in einem Erdraum, dessen geologischer Bau genau bekannt ist, eine grosse Zahl zuverlässiger Zeitbestimmungen und Beobachtungen über die Aeusserungsart eines bestimmten Erdbebens vergleichend zusammenzustellen. Derartige Elemente zu liefern, ist die Aufgabe des Reisenden; sie können zuweilen von ausserordentlichem Werth sein, besonders wenn es sich um einen isolirten Punkt in dem Verbreitungsgebiet eines über grosse Erdräume sich erstreckenden Phänomens handelt. Da man nie wissen kann, ob man es mit einem solchen zu thun hat, sollte man auch die kleinsten Erschütterungen sorgfältig registriren und in ihrer Wirkungsart beobachten. Im Folgenden sollen die wichtigeren Gesichtspunkte hervorgehoben werden.

Intensität, Dauer und Zahl der Stösse. — Für Intensitätsbestimmung giebt es noch keinen allgemein anwendbaren Maasstab; nur aus den Wirkungen lässt es sich erkennen, ob ein Stoss heftiger war als ein anderer, oder ob die Intensität desselben Stosses an verschiedenen Orten verschieden war. Sie wechselt von einem nur für die feinsten Instrumente wahrnehmbaren Erzittern bis zu bedeutender Heftigkeit. Diese wird dort, wo eine dichte Bevölkerung in festgebauten Häusern lebt, durch das Maass der an diesen und an Menschenleben angerichteten Zerstörung eindringlich dargestellt; aber es fehlt an einem Vergleichungsmittel in solchen Gegenden, wo entweder wenige Menschen leben, oder die Wohnungen vermöge ihrer einfachen Construction (wie die Jurten der Mongolen) der Gefahr der Zerstörung wenig unterliegen. Es bleibt daher dem Scharfsinn des Einzelnen überlassen, Anzeichen zu finden, aus welchen sich die Stärke eines Erdbebens ermessen lässt. — Zu den wichtigsten Punkten behufs vergleichender Zusammenstellung gehört die Festsetzung der Zeit des Eintritts und der Dauer der ersten und jeder nachfolgenden Erschütterung. Dies erscheint leicht, wo es Eisenbahnstationen mit richtig gehenden Uhren und Telegraphen giebt, und doch wird es selbst dort nur mittelst sinnvoll construirter, selbstregistrirender Apparate in befriedigender Weise erreicht. Der Reisende verfügt nicht über solche Mittel. Bei ihm ist in erster Linie Geistesgegenwart erforderlich, um sofort bei Wahrnehmung eines Stosses die Zeit zu bestimmen. Da es hierbei auf Secunden

ankommt, sollte man baldmöglichst, falls man nicht einen Chronometer mit sich führt, die Fehler der Uhr festzusetzen suchen. — Zwischen weiten Grenzen schwankt die Zahl der Stösse. Sehr selten erledigt sich ein Erdbeben mit einem einzigen, oft heftigen Stoss (Lissabon 1755, Casamicciola 1883); meist wiederholen sich die Erschütterungen durch Tage, Wochen, Monate und selbst Jahre, ehe wieder eine Zeit der Ruhe eintritt. Man kann von Erschütterungsperioden sprechen; sie dauerte beispielsweise bei dem Erdbeben, dessen Mittelpunkt Gross-Gerau bei Darmstadt war, von 1869 bis 1873, bei demjenigen der Landschaft Phokis von 1870 bis 1872. Die Zahl der schwachen Stösse berechnet sich bei letzterem nach hunderttausenden; sie waren durch einzelne stärkere Stösse unterbrochen. Auch bei kürzeren Beben findet häufig ein durch einzelne heftigere Stösse unterbrochenes Erzittern statt. In der Regel wird entweder das Erdbeben durch den stärksten Stoss unvermittelt eröffnet, oder derselbe folgt rasch nach einigen schwächeren Stössen, und es folgen ihm die geringeren Bewegungen bis zum Schluss der Erdbebenperiode. — Der Reisende sollte daher, wo immer er ein Erdbeben wahrnimmt, Material zur Statistik der Erschütterungen, welche denselben Ort vorher betroffen haben, zu sammeln suchen und seine Erkundigungen in nahe gelegenen Orten derselben Gegend vervollständigen.

Begleitende Erscheinungen. — Als Vorboten der Erdbeben wird häufig die Wahrnehmung von Erzitterungen, welche für den Menschen nicht bemerkbar sind, durch Thiere angeführt. Vögel sollen scheu umherflattern, Hausthiere auffallende Unruhe bekunden, grabende und höhlenbewohnende Thiere zur Oberfläche kommen. Vielfach geht ein Geräusch voran, welches sich während des Erdbebens fortsetzt und in einem fernen unterirdischen Dröhnen besteht; die Sinnesempfindung einzelner Individuen fasst es in verschiedener Weise auf, und es wäre von Interesse, die Ausdrücke aufzuzeichnen, deren sich dieselben einzeln zur Bezeichnung bedienen. — Zu beobachten sind die meteorischen Verhältnisse, insbesondere der Luftdruck, ferner die Beziehungen der Zeit des Erdbebens zu den Jahreszeiten, z. B. zum Eintritt oder Aufhören der Regenzeit, da es scheint, dass in manchen Fällen und in gewissen Gegenden ein Zusammenhang mit den atmosphärischen Zuständen und der Durchfeuchtung des Erdbodens besteht.

Es ist auch zu beobachten, ob eine Aenderung in der Intensität der magnetischen Kraft stattfindet; ein Einfluss auf die Richtung der Compassnadel ist noch nicht festgestellt worden. — Die Beziehungen der Stellung von Mond und Sonne zu den Erdbeben ergeben sich weniger aus dem einzelnen Fall, als aus grösseren Zusammenstellungen. Aus denselben scheint hervorzugehen, dass durch den periodischen Wechsel in der Stärke der kosmischen Attraction gewisse Spannungen in der Erdrinde herbeigeführt werden können; insbesondere scheint die vermehrte Attraction zur Zeit der Syzygien die leichtere Auslösung vorhandener Spannungsdifferenzen zu bewirken, sobald dieselben so weit gediehen sind, dass es nur noch des Hinzukommens eines geringen Kraftmomentes bedarf, um die Widerstände zu uberwinden und eine plötzliche Massenbewegung herbeizuführen. Doch ist betreffs weiterer Schlussfolgerungen grosse Vorsicht geboten.

Art und Wirkung der Erschütterung; Richtung der Stösse. — Man unterscheidet stossförmige oder succussorische und wellenförmige oder undulatorische Bewegungen. Im Allgemeinen werden die ersteren in den centralen, die letzteren in den peripherischen Theilen eines Erschütterungsgebietes wahrgenommen. Jene beruhen auf senkrechtem Stoss oder steilem Emersionswinkel. Gelockerte Gegenstände werden emporgeschleudert, wie Sandkörner auf einer Tischplatte, gegen deren Unterseite man mit einem Hammer schlägt. Anders ist die Wirkung bei spitzem Emersionswinkel. Die eigene Wahrnehmung täuscht oft über die Richtung, von der der Stoss oder die Wellenbewegung erfolgt; man sollte verschiedene Aussagen darüber zusammenstellen. Sichere Anzeichen hat man an den Rissen an Bauwerken, die im Allgemeinen eine rechtwinklige Lage zu der Richtung des Stosses haben. Steht ein Bauwerk über Eck zu demselben, so stürzt die entgegengesetzte obere Ecke ab. Trifft der Stoss einen Thurm, so wird zuerst dessen unterer Theil bewegt, und der obere Theil stürzt nach der Richtung, von welcher der Stoss kommt. Wird bei flachem Emersionswinkel ein lose aufgesetzter Gegenstand betroffen, dessen Befestigungs- oder Hauptstützpunkt nicht unter dem Schwerpunkt liegt, so wird er um die Axe des ersteren Punktes gedreht; man hat dies früher irrthümlich für die Folge einer drehenden Erdbewegung gehalten. Bei Zerstörungen grösserer

Gruppen von Bauwerken oder ganzer Städte sollte man sich bemühen, anstatt vieler Einzelbeschreibungen die den einzelnen Bauwerken gemeinsamen Arten der Einwirkung, ebenso wie die Ursachen einzelner Abweichungen herauszufinden. Kleinere Erscheinungen geben oft deutlicheren Aufschluss als die mehr sinnfälligen Beispiele eingreifender Zerstörung.

Anderweitige Wirkungen, auf deren Beobachtung man in den meisten Gegenden beschränkt ist, bestehen in dem Herabfallen von Felsblöcken, in Bergstürzen und anderen Bodenversetzungen. Wichtiger ist die Bildung von Spalten. Kleine Netze von Radialspalten, wie sie in Calabrien vorgekommen sind, beruhen auf Einsturz von Hohlräumen. Weit ausgedehnte gradlinige Spalten hingegen werden in den meisten Fällen mit dem Gebirgsbau zusammenhängen und die ursächliche Beziehung des Erdbebens zu diesem deutlicher hervortreten lassen, besonders wenn sie mit einer Verwerfung der durch die Spalte getrennten Theile des Erdbodens verbunden sind. Solche Fälle müssen, mit Hineinziehung aller Nebenumstände (Länge der Spalte, ihre Breite in einzelnen Theilen, Betrag der Verticalverschiebung, Beziehungen zum Streichen von Gesteinen und von Gebirgen) auf das Sorgfältigste untersucht werden. In lockerem Boden sieht man, in Folge der Bewegung, Staubwolken an bestimmten Stellen aufwirbeln. Wasser wird aus dem Boden gewaltsam emporgedrängt, meist als schlammiger Brei, der im Ausströmen kleine vulcanartige Kegel bildet; er ist zuweilen mit Gasen (besonders Schwefelwasserstoff) beladen, die in Blasen aufsteigen.

Ein anderer Gegenstand der Beobachtung ist das Verhalten von Quellen und Brunnen; ob sie zeitweilig versiegen, oder getrübt werden, oder ganz trocken werden.

Horizontale und verticale Verbreitung. — Die horizontale Verbreitung eines Erdbebens, d. h. die Begrenzung des Erdraums, innerhalb dessen Erschütterungen wahrgenommen werden können, lässt sich nur aus der Zusammenstellung vieler gleichzeitiger Beobachtungen feststellen; inwieweit man durch sinnreiche Methoden versucht hat, die Tiefe des Herdes, an welchem der erste Stoss erfolgte, zu ergründen, wurde bereits angedeutet. Wo viele Zeitbestimmungen und Untersuchungen über mechanische Wirkungen der Erschütterung vorliegen, kann

man die Curven gleichzeitigen Erbebens und gleichartiger Wirkungen annähernd bestimmen. In uncivilisirten Gegenden wird man sich mit sehr bescheidenen Ergebnissen begnügen müssen; aber doch genügt oft die Zusammenstellung einer geringen Zahl von Beobachtungen an weit von einander entlegenen Orten, um festzustellen, ob die homoseistischen Linien sich der Kreisform oder der Ellipse nähern, oder eine sehr stark in die Länge gezogene Figur ergeben; ferner ob in den beiden letzteren Fällen die grosse Axe parallel dem Gebirgs- oder Schichtenstreichen, oder quer gegen dasselbe gerichtet ist; ob sie durch deutlich erkennbare Brüche, Längsverwerfungen oder Querverschiebungen eines Gebirges charakterisirt wird; ob man es mit einem longitudinalen oder transversalen Erdbeben, mit Beziehung auf ein Gebirge von entschiedener Streichungsrichtung im inneren Gefüge, zu thun hat.

Einflüsse von Gestein und Gebirgsbau auf die Verbreitung. — Nur wenn man den geologischen Bau einer Gegend und zugleich die Gestalt und Lage des Schüttergebietes kennt, kann man auf dem Weg der Schlussfolgerung dazu gelangen, die mannigfaltigen Einflüsse zu untersuchen, welchen die durch einen Erdbebenstoss veranlasste Wellenbewegung unterworfen ist. Elasticität, Dichtigkeit und Lagerung der Gesteine kommen in Betracht. Als erwiesen kann gelten, dass die Fortpflanzung leichter im Schichtenstreichen als quer gegen dasselbe erfolgt; dass eine grosse Verwerfungskluft ihr eine Grenze setzen oder sie mindestens erheblich abschwächen kann; und dass eine gegen ein Gebirge gerichtete Erdbebenwelle in dieses hineingehen, oder von ihm reflectirt werden kann. Die Wirkung des Stosses macht sich örtlich am stärksten geltend, wo fester Felsboden mit einer verhältnissmässig dünnen Lage lockeren Erdreichs bedeckt ist, indem dieselbe, wie in dem angeführten Beispiel der Sand auf einer Tischplatte, mit Allem, was darauf steht, emporgeschnellt wird. Dagegen wird der Stoss bald wirkungslos, wenn die Schwemmlanddecke sehr mächtig ist. Im ersten Fall kann es geschehen, dass Häuser auf festem Fels wenig betroffen werden, während die nahe dabei auf Schwemmland gelegenen erhebliche Schädigung erfahren (in San Francisco z. B. macht sich dieser Gegensatz bei benachbarten Strassen geltend); im zweiten Fall sollte man umgekehrt

erwarten, dass eine aus dem Schwemmland aufragende Felsinsel stärker als jenes erschüttert wird. Zuweilen ergiebt die vergleichende Zusammenstellung eigenthümliche Erscheinungen; so kommt es vor, dass inmitten eines Erdraumes eine Stelle an den wahrnehmbaren Bewegungen nicht theilnimmt. Es ist bei derartigen Fällen zu beachten, dass der innere Gebirgsbau, welcher die Fortpflanzung der Wellen in erster Linie beeinflusst, häufig durch transgredirende, tafelartig gelagerte Schichtgesteine verdeckt wird.

Seebeben. — Wie das Festland, so wird auch das Meer erschüttert. Der Unterschied des Mediums bringt Unterschiede in der Erscheinungsform mit sich. Die Fortpflanzung der Wellen vollzieht sich leichter, mit weit geringerer Verminderung der Intensität, und nach viel grösseren Entfernungen; von verschwindender Bedeutung sind die Unterschiede in der Beschaffenheit des Wassers im Vergleich zu denen der Gesteine, und da auch die Widerstände fehlen, welche auf dem Festland durch Structurformen und Klüfte geboten werden, kann die Bewegung gleichmässig nach allen Seiten fortschreiten. Beeinflusst wird sie wesentlich durch die Tiefe und die Umrandung der Becken. Die Erdbebenwelle kann, wie diejenige der Gezeiten, wenn sie auf den der Küste sich anschliessenden seichten Flachboden gelangt, eine fluthende Bewegung verursachen. Endlich besteht ein Unterschied von der Erdbebenwelle des Festlands darin, dass diejenige des Meeres von den Küsten (insbesondere Steilküsten) sehr vollkommen reflectirt wird. Entzieht sich auch die Ursache der Seebeben im einzelnen Fall noch mehr der Erkenntniss, als diejenige der Erschütterungen des Festlandes, so ist sie doch im Allgemeinen als mit diesen identisch anzunehmen. Seebeben werden hervorgebracht durch Erschütterung des Meeresbodens oder des Küstengebietes. Tektonische Bewegungen, verursacht durch das allgemeine Schrumpfen des Erdkerns, durch das örtliche Schwanken der Geoisothermen, durch den Rückzug erkaltender Lavamassen, werden in den meisten Fällen, ausserdem in vulcanischen Theilen des Meeresbodens auch explosive Erscheinungen zu Grunde liegen; Einsturz in Folge von Auslaugung ist hingegen als Ursache nicht anzunehmen. — Wie die Erscheinungsform, so wird auch die Beobachtung eine andere auf offenem Meer und an den Küsten sein.

Seebeben auf offenem Meer. — Die Erscheinungsform, welche nach den vorliegenden Berichten sehr verschieden sein kann, sollte genau aufgezeichnet werden. Man nimmt ein mit gewissen Schallphänomen verbundenes, zuweilen gleichförmiges, zuweilen durch heftige Stösse unterbrochenes Erzittern wahr. Die Empfindung ist meist wie ein Auffahren auf ein Riff. Das Schallphänomen wird verschieden beschrieben: als ein rollendes, rasselndes, brausendes Geräusch, ein Zischen und Heulen, ein entfernter Donner wie von Geschützen oder Sturm, zuweilen gering, dann wieder laut und betäubend. Man sollte die Richtung, aus der das Geräusch der Mehrzahl auf dem Schiff zu kommen scheint, festsetzen. — Der Stoss kann das Schiff von unten treffen und wird dann als succussorisch und epicentrisch zu bezeichnen seien, oder nach Art der undulatorischen Stösse von der Seite unter verschiedenem Emersionswinkel erfolgen. Im ersteren Fall geschieht oft ein Emporschleudern von Gegenständen an Bord, und es giebt sich das Gefühl senkrechten Hebens und Senkens kund, welches mit den Oscillationen der Wasserfläche nicht zusammenfällt. Es ist auch zu beachten, ob das Schiff seine Fahrt ungehindert fortsetzt, oder aufgehalten wird. Der Charakter der Meeresfläche bleibt zuweilen unverändert; in anderen Fällen ändert er sich, und zwar entweder durch Aufhören der Wellenbewegung, oder umgekehrt durch Aufthürmen mächtiger Wellen. Die Zeitdauer ist sehr verschieden, pflegt aber länger als bei Erdbeben zu sein, und oft findet auch bei Seebeben eine mehrmalige Wiederholung statt. — Aus bisherigen Berichten ergeben sich verschiedenartige, nur in einzelnen Fällen eintretende Begleiterscheinungen. Dazu gehört das Aufwerfen von Blasen, das Emporschleudern des Wassers in kleinen Strahlen von 30 bis 40 cm Höhe, das Aufwallen des Meeres, ähnlich wie bei siedendem Wasser, das Ausströmen von Dampf, eine weissliche Färbung des Seewassers, das Heraufkommen todter Fische. Derartige Erscheinungen deuten auf submarine Eruptionen und damit verbundene Explosionen und Gasexhalationen. Eine Erhöhung der Temperatur an der Meeresfläche würde die Wahrscheinlichkeit dieser Ursache vermehren. In manchen Fällen will man Beunruhigung des Compass wahrgenommen haben, in anderen hat er keinerlei Einwirkung zu erkennen gegeben. — Wer ein Seebeben auf offenem Meer mit Sorgfalt beobachtet,

wird von selbst dazu getrieben werden, möglichst viele Angaben von anderen Schiffen, sowie von den nächst gelegenen Küstenstationen zu sammeln, um die Ausdehnung und Gestalt des Schüttergebietes und die Fortpflanzung der vielleicht von demselben ausgehenden Welle kennen zu lernen.

Beobachtung an Küsten. — Mehrere, mit grossen Zerstörungen verbunden gewesene Ereignisse der neueren Zeit, insbesondere das vom Krakatau ausgehende Phänomen, haben die Aufmerksamkeit allgemein auf die Aeusserung der durch grosse Erschütterungen veranlassten Wellen auf die Küsten gezogen. Eine Erschütterung der Unterlage, gleichviel ob im Küstengebiet, oder in der Mitte eines Weltmeeres, theilt sich der Wassermasse in ihrer ganzen Mächtigkeit mit und erregt in ihr eine Wellenbewegung, welche sich analog derjenigen der Gezeiten über den Ocean fortpflanzt und, von einer Küste gebrochen, nach der entgegengesetzten zurückkehrt. Je nach der Schwingungsphase, in welcher eine derartige Welle eine gewisse Küste trifft, ist die Aeusserung der Bewegung verschieden, und sie kann weitere Complication durch Interferenzerscheinungen erleiden. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, dass das Phänomen an der Küste bald mit einer Erhebung, bald mit einer Senkung des Meeresspiegels beginnt, bald als ein Zuströmen, bald als ein Abströmen des Wassers erscheint, auch das Ansteigen bald als sehr ruhig, bald als heftig und gewaltig beschrieben wird. Neben diesen Aeusserungsformen ist das horizontale und verticale Maass der Schwankungen zu bestimmen, insbesondere auch die Periodicität der Erscheinung. Zuweilen wiederholt sie sich in regelmässigen, zuweilen in ganz unregelmässigen Zwischenräumen. Dies kann daher kommen, dass zuerst Wellen vom Epicentrum und in einer späteren Periode die reflectirten Wellen vom Gegengestade ankommen. In manchen Fällen ist die erste Welle am grössten gewesen, in anderen sind ihr mehrere kleine vorangegangen. — Genauen Aufschluss über alle diese Verhältnisse, insbesondere auch über die geringeren, der sicheren Wahrnehmung sich entziehenden Oscillationen geben die selbstregistrirenden Fluthmesser. Wer in den immerhin seltenen Fall kommt, Erscheinungen der beschriebenen Art an Küsten zu beobachten, sollte in Erfahrung zu bringen suchen, an welchen nächstgelegenen Orten sich der-

artige Instrumente befinden, um an den dort abgelesenen Angaben seine eigenen Beobachtungen besser verstehen zu lernen.

Da die durch eine Erderschütterung verursachte, gegen die Küste anrollende Meereswelle weit grössere Höhe erreicht, als die Fluthwelle, und oft mit erheblicher Geschwindigkeit heraneilt, vermag sie bedeutendere plötzliche Zerstörung anzurichten, als irgend ein anderes Naturereigniss. Art und Maass dieser Zerstörung und der Massenversetzung gelockerter fester Stoffe sollten genau festgesetzt werden. Es ist wahrscheinlich, dass dadurch zuweilen ein Landzuwachs entsteht, der zu der irrigen Auffassung einer durch ein Erdbeben veranlassten Hebung eines Continentes Veranlassung geben kann.

Geologie.

Bestimmung der Elemente des Erdmagnetismus zu Lande.

Von

H. Wild.

Einleitung.

G. B. Airy beschliesst sein im Jahre 1870 veröffentlichtes Werk „Ueber den Magnetismus“[1]) mit den Worten: „Im Ganzen müssen wir unsere Meinung dahin aussprechen, dass die allgemeine Ursache des Erdmagnetismus immer noch eines der Geheimnisse der kosmischen Physik bleibt.“ Obschon seither mehrere neue Versuche von Theorieen des Erdmagnetismus gemacht worden sind, so bezeichnet Vorstehendes doch auch jetzt noch den Zustand unserer Erkenntniss des Wesens dieser Erscheinung. Der Grund hiervon liegt offenbar nicht allein in einem verminderten Geschick unserer Zeit zur Deduction, sondern mindestens ebenso sehr darin, dass unsere Erfahrungen über den Erdmagnetismus in seiner räumlichen und zeitlichen Gestaltung eben immer noch ungenügend sind. Die hauptsächlich noch zu sammelnden Erfahrungen sind zweierlei Art, nämlich continuirliche und möglichst genaue Beobachtungen der Veränderungen der erdmagnetischen Kraft, besonders durch selbstregistrirende Instrumente, an wenigen Punkten der Erdoberfläche zur Erforschung ihres Zusammenhanges mit andern irdischen und kosmischen Erscheinungen und sodann Beobachtungen der Elemente des Erdmagnetismus, wenn auch nur vereinzelt, an vielen Orten und insbesondere an solchen, wo bis dahin keine oder nur einmalige Messungen dieser Art angestellt worden sind. Das Letztere ist die Aufgabe der magnetischen Beobachtungen auf Reisen.

Die magnetischen Beobachtungen auf Reisen, die wir hier allein zu besprechen haben, bieten unstreitig manche Schwierigkeiten dar, welchen die bezüglichen Messungen auf ständigen Observatorien nicht oder viel weniger unterliegen. Bei der Auswahl der Instrumente kann nicht allein die Rücksicht auf die höchste Leistungsfähigkeit entscheiden, sondern es muss auch die Möglichkeit eines sichern und nicht zu unbequemen Transports, häufig auch noch die einfachere Behandlung und raschere Beobachtung in's Auge gefasst werden. Dass die Beobachtungen auf Reisen meistentheils entweder ganz im Freien oder nur in mangelhaft vor den Unbilden der Witterung schützenden Zelten angestellt werden müssen, dass man dabei häufig durch äussere Umstände in der Wahl der günstigsten Zeiten beschränkt ist, dass störende Einflüsse hier schwieriger ganz zu beseitigen oder wenigstens aus den Endresultaten zu eliminiren sind, dies und andere Hindernisse mehr ermüden oft die Geduld des Reisenden und nehmen, wenn anders gute Resultate erzielt werden sollen. seine Aufmerksamkeit in einem viel höhern Maasse in Anspruch, als gewöhnlich vermuthet wird.

Eine gedrängte Anleitung zur Anstellung magnetischer Messungen erscheint daher ganz besonders für Beobachtungen auf Reisen als Bedürfniss. Sie hat der Natur der Sache nach in zwei Theile zu zerfallen, nämlich einen ersten allgemeinen Theil, in welchem dem Reisenden kurz die allgemeinen Principien dieser Messungen und die bereits vorliegenden bekannten Thatsachen über den Erdmagnetismus, insofern sie auf seine Beobachtungen influiren können, in's Gedächtniss zurückgerufen werden und sodann einen zweiten speciellern Theil, der die Instruction für den Gebrauch der Reiseinstrumente enthält.[2]) Wir werden hier nur die magnetischen Beobachtungen auf dem Lande betrachten, da diejenigen zur See wegen des Eisengehalts und der Bewegungen der Schiffe besondere Vorsichtsmaassregeln und Hülfsapparate erfordern und daher besser im nautischen Theil dieses Werkes zur Behandlung kommen.*)

St. Petersburg, 1. September 1887.

---

*) G. Neumayer, Magnetische Beobachtungen an Bord in „Hydrographie“ dieses Werkes.

I. Allgemeines über die Bestimmung und die Eigenschaften der erdmagnetischen Kraft.

1. Die magnetische Kraft der Erde ist an irgend einem Orte als vollständig bestimmt zu betrachten, wenn ihre Richtung und Grösse daselbst gegeben ist. Die Richtung der erdmagnetischen Kraft pflegt man auf zwei, für jeden Ort genau bestimmbare feste Ebenen, nämlich den astronomischen Meridian und die Horizontalebene, zu beziehen und heisst Declination jenen Winkel, welchen eine Verticalebene durch die Richtung der erdmagnetischen Kraft, der sogen. magnetische Meridian, mit dem astronomischen Meridian einschliesst, und Inclination den Neigungswinkel der Kraft gegen die Horizontalebene. Die magnetische Kraft der Erde an irgend einem Orte wird also auch durch die drei Elemente: Declination, Inclination und Intensität bestimmt. Statt durch diese drei Elemente hat man auch wohl die erdmagnetische Kraft durch ihre drei Componenten nach drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen, nämlich der Verticalen, der Nord-Süd-Richtung und der Ost-West-Richtung in der Horizontalebene definirt. Die Beziehung zwischen diesen beiderlei Bestimmungs-Elementen ergiebt sich leicht.

Heissen wir

K die ganze Intensität des Erdmagnetismus
V die verticale Componente derselben
H die ganze horizontale Componente der erstern
X die Nord-Süd-Componente der letztern
Y die Ost-West- „ „ „ „
i die Inclination
d die Declination

so hat man die Relationen:

$$V = K \sin i \quad , H = K \cos i,$$
$$X = K \cos i \cos d, \; Y = K \cos i \sin d.$$

Da indessen die drei Componenten V, X und Y eine mehr theoretische als praktische Bedeutung haben, so werden wir uns hier an die drei erstern Elemente halten.

2. Die Declination wird bestimmt, indem man den Horizontal-Winkel zwischen dem astronomischen Meridian des Orts und der magnetischen Axe einer um eine verticale Axe

drehbaren, Magnetnadel misst. Sie wird in Graden, Minuten und Secunden (oder auch Zehntel- und Hundertel-Minuten) ausgedrückt und als östliche oder westliche Declination unterschieden, je nachdem das Nordende (das nach Norden weisende Ende) der Magnetnadel nach Osten oder Westen vom astronomischen Meridian abweicht. Selten wird die westliche Declination auch als die positive, und die östliche als negative bezeichnet.

3. Die Inclination erhält man durch Ausmessung des Vertical-Winkels zwischen der Horizontalebene und der magnetischen Axe einer Magnednadel, die um eine, auf dem magnetischen Meridian senkrecht stehende Horizontalaxe drehbar ist. Sie wird wie die Declination in Graden, Minuten und Secunden (oder Zehntel- und Hundertel-Minuten) ausgedrückt und als nördliche oder südliche Inclination unterschieden, je nachdem das Nordende der Magnetnadel sich unter die Horizontale senkt oder über dieselbe erhebt. Die erstere wird auch wohl positive und die letztere negative Inclination genannt.

4. Die Intensität lässt sich ihrem ganzen Betrage nach direct nur unsicher ermitteln, während die Bestimmung ihrer horizontalen Componente einer grossen Genauigkeit fähig ist. Man zieht es daher durchweg vor, die letztere Grösse unmittelbar zu bestimmen und dann aus ihr und der bekannten Inclination die ganze Intensität nach der Formel $K = \frac{H}{\cos i}$ zu berechnen.

Die absolute Bestimmung der horizontalen Componente der erdmagnetischen Kraft oder kurzweg der Horizontalintensität des Erdmagnetismus erheischt zweierlei Messungen: erstlich die Beobachtung der Schwingungsdauer einer horizontalen Magnetnadel um eine verticale Axe und zweitens die Beobachtung der Ablenkung aus dem magnetischen Meridian, welche diese Nadel in fixer Lage aus gewisser Entfernung bei einer zweiten um eine verticale Axe drehbaren Magnetnadel bewirkt. Sie setzt überdies die Kenntniss resp. Abmesssung der letzteren Entfernung sowie des Trägheitsmomentes oder der Dimensionen und der Masse des Schwingungsmagneten voraus.*)

*) Ich habe hier nur auf die Gauss'sche Methode zur Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus als der gebräuchlichsten Rücksicht genommen. Ueber die anderen Methoden

Der numerische Ausdruck der aus diesen Beobachtungsdaten zu berechnenden Horizontalintensität hängt von den Einheiten ab, welche man für die Zeit, die Länge und die Masse bei obigen Messungen gewählt hat. Man erhält die Horizontalintensität ausgedrückt in absoluter Gauss'scher oder metrischer Einheit, wenn wir alle Längen nach Millimetern, die Massen nach Milligrammen und die Zeiten nach Secunden der mittlern Sonnenzeit messen. Zu dieser Einheit steht in einfachster Beziehung die neue internationale Einheit, welche sich auf das Centimeter, das Gramm und die Secunde stützen und die also 10 Mal grösser als die Gauss'sche ist. Neben diesen Einheiten werden nur noch die der „Royal Society" oder die englische gebraucht, wobei als Längeneinheit der englische Fuss, als Masseneinheit die Masse eines Grains und als Zeiteinheit wieder die Secunde der mittlern Sonnenzeit gelten. Intensitätswerthe, welche in der letztern Einheit ausgedrückt sind, hat man zur Reduction auf die Gauss'sche Einheit mit dem Factor: 0,46108 und zur Reduction auf die internationale Einheit mit dem Factor: 0,046108 zu multipliciren.

5. Isogone, isokline und isodyname Linien. Wenn man die Elemente der erdmagnetischen Kraft in fremden Gegenden zu bestimmen hat, so ist es nützlich, sich an der Hand der bereits vorhandenen Daten eine Vorstellung von dem ungefähren Betrag derselben zu machen. Dazu können am besten die magnetischen Karten benutzt werden. Man hat nämlich auf Karten diejenigen Orte, welchen jeweilen gleiche Declination resp. Inclination resp. Intensität zukamen, durch Linien verbunden und die Linien gleicher Declination: isogone, diejenigen gleicher Inclination: isokline, endlich die gleicher Intensität: isodyname Linien genannt.

Unter diesen magnetischen Karten erwähnen wir nur die neuesten und vollständigsten, nämlich die von Sir E. Sabine für die südliche Hemisphäre (Philos. Transactions 1868) und für die nördliche Hemisphäre (Philos. Transactions 1872) beide

---

und die Bedingungen genauerer Messungen dieser Grösse siehe meine Abhandlung: Genauigkeit absoluter Bestimmungen der Horizontal-Intensität. Repertor. für Meteorol. B. VIII. Nr. 7 (1883).

alle 3 obigen Elemente umfassend und für die Epoche 1840—45 geltend und die noch umfassenderen, nicht willkürlich, sondern an der Hand der Gauss'schen Theorie entworfenen in dem Atlas des Erdmagnetismus von Gauss und W. Weber.*) Die letztern gelten für die Epoche 1830 und die Intensitätskarten unterscheiden sich von denen Sabine's noch dadurch, dass sie nach einer willkürlichen Einheit entworfen sind, wornach die ganze Intensität in London 1372 ist, also die den Tafeln zu entnehmenden Werthe mit 0,0034941 zur Verwandlung in das absolute metrische Maass multiplicirt werden müssen, während Sabine's Karten unmittelbar absolute Werthe der Intensität in englischem Maasse geben. Der Gauss'sche Atlas enthält auch besondere Karten für die Horizontalintensität.

Aus den Gauss'schen Karten folgt, dass auf der Erdoberfläche die ganze Intensität zwischen den beiden Extrem-Werthen 7,898 als Max. und 2,828 als Min. nach metrischem Maasse, die Horizontalintensität aber zwischen 3,733 als Max. und 0 als Min. nach demselben Maasse schwankt, während die Declination alle Werthe von 0° bis $\pm$ 180° und die Inclination von 0° bis $\pm$ 90° annimmt. Diese Karten ergeben auch, dass im mittleren Europa eine Längendifferenz von 1 Bogen-Minute = 4 Zeitsecunden = 1,3 Kilometer eine Declinationsänderung von ungefähr $\frac{1}{2}$ Minute und eine Breitendifferenz von 1 Bogen-Minute = 1,9 Kilometer eine Aenderung der Inclination um 1 Minute und der Horizontalintensität um 0,0008 absoluten metrischen Maasses zur Folge hat. Hiernach lässt sich je nach der Genauigkeit, welche man seinen Messungen zu geben wünscht, die nothwendige Sicherheit in der Fixirung des Beobachtungsortes bemessen. Da überdies gewisse Local-Einflüsse jeweilen vorhanden sein können, so ist es zur spätern Wiederauffindung genau desselben Beobachtungspunktes zu empfehlen, nach dem Vorgange von Lamont in seinen magnetischen Ortsbestimmungen[3]) ausser der Länge und Breite des Beobachtungsortes auch noch einen kleinen Situationsplan desselben beizufügen.

Die Vergleichung dieser beiderlei Karten, von denen also die einen auf ungefähr $12\frac{1}{2}$ Jahre spätere Beobachtungen sich

*) Siehe auch die Neubearbeitung dieser Karten durch Erman & Petersen: „Erscheinungen des Erdmagnetismus im Jahre 1829", Berlin bei D. Reimer. 1874.

stützen, als die andern, zeigt nicht unerhebliche Differenzen zwischen beiden und weist damit auf eine Erscheinung hin, welche die Schwierigkeiten magnetischer Beobachtungen bedeutend erhöht, es ist dies die Veränderlichkeit des Erdmagnetismus mit der Zeit. Dieselbe manifestirt sich in dreierlei Weise, nämlich als sogen. Säcularvariation, als tägliche Variation und als Störung.

6. Säcularvariation. Es zeigt sich entsprechend der vorstehenden Bemerkung, dass die Elemente der erdmagnetischen Kraft an ein und demselben Orte auch in ihren jährlichen Mittelwerthen eine langsame continuirliche Veränderung mit der Zeit erleiden, die zu verschiedenen Zeiten am gleichen Orte in verschiedenem Sinne erfolgt, für verschiedene Orte einen verschiedenen Betrag und vielfach auch einen entgegengesetzten Sinn hat. Im mittleren Europa ändern sich z. B. in Folge dieser sogen. Säcularvariation die magnetischen Elemente zur Zeit in der Art, dass per Jahr

die mittlere westliche Declination um ungefähr 6 Min. abnimmt,
die mittlere nördliche Inclination „ „ 2 „ abnimmt,
die mittlere Horizontal-Intensität „ „ 0,002 G. E. zunimmt,
die mittlere Ganze-Intensität „ „ 0,0005 G. E. zunimmt.

Dieser Säcular-Variation halber ist es also bei vereinzelten magnetischen Beobachtungen durchaus nothwendig, das Datum, für welches die Messung gilt, dem erhaltenen Werthe beizufügen.

7. Tägliche Variation. Des Weiteren zeigen alle drei Elemente des Erdmagnetismus eine im Laufe von 24 Stunden periodisch wiederkehrende Veränderung, welche man die tägliche Variation genannt hat.

Die westliche Declination — für die südliche Halbkugel die östliche — hat im Jahresmittel ihren geringsten täglichen Werth ungefähr um 8^h Vm., nimmt dann rasch bis zum Maximum um $1\frac{1}{2}$ bis 2^h Nm. zu und kehrt darauf langsam im Laufe des Nachmittags und langsamer während der Nacht zu jenem ursprünglichen Werth zurück. Durch das Mittel geht die Nadel zwischen 10 und 11^h Vm. und 8 und

9^h Nm. Der Unterschied zwischen Max. und Min. beträgt in mittlern Breiten 7—8 Minuten.

Die Inclination zeigt im Jahresmittel ihren grössten täglichen Werth ungefähr um 11^h Vm., nimmt dann im Laufe des Nachmittags langsam bis ungefähr um 10^h Nm. ab, um darauf zuerst langsam, später — etwa von 5^h Vm. an — rascher zum Maximum um 11_h Vm. zurückzukehren. Der Mittelwerth wird um 7^h Vm. und $3\frac{1}{2}^h$ Nm. passirt. Die Differenz zwischen Max. und Min. beträgt nur 2—3 Minuten.

Die Horizontal-Intensität endlich schliesst sich in ihrem täglichen Gange fast ganz der Inclination an, d. h. sie erreicht ihren kleinsten Werth ungefähr um 11^h Vm., den grössten ungefähr um 9^h Nm. und zeigt während der Nacht eine verhältnissmässig kleine Veränderung. Durch den Mittelwerth geht sie ungefähr um 7^h Vm. und etwas nach 3^h Nm. und die Differenz zwischen Max. und Min. erreicht durchschnittlich 0,003 absoluten Gauss'schen Maasses.

Für alle 3 Elemente ist die Amplitude der Variation in höhern Breiten grösser als in niedrigen, im Sommer der betreffenden Halbkugel grösser — ungefähr doppelt so gross — als im Winter, endlich in einem regelmässigen Cyklus von 10—11 Jahren zu- und abnehmend. Diese Veränderung der Amplitude ist auch von Aenderungen im Charakter der Bewegung begleitet, die indessen verhältnissmässig viel unbedeutender sind.

Diese tägliche Variation erheischt demnach, dass wir dem Datum der Messung auch noch die Tageszeit derselben genau beifügen, um das Beobachtungsresultat später vom Einfluss der täglichen Variation möglichst befreien resp. auf das Tagesmittel reduciren zu können. Zur Zeit der raschesten Aenderung der Declination beträgt z. B. dieselbe 0,05 Bogen-Minuten in der Zeitminute und es wäre demgemäss die Zeit bis auf 2 Minuten genau anzugeben, wenn wir bei der Bestimmung der Declination eine Genauigkeit von 0,1 Bogen-Minute anstreben. — Zur Reduction des einen oder andern, zu irgend einer Tagesstunde bestimmten magnetischen Elements auf das betreffende Tagesmittel kann man sich, analog wie dies bei der Temperatur geschieht, des bekannten täglichen Ganges des fraglichen Elements für eine benachbarte Normalstation bedienen. Ist eine solche nicht in der Nähe, so kann man entweder zu den Zeiten beob-

achten, wo das Medium des betreffenden Elements einzutreten pflegt oder auch, wie dies bei der Beobachtung der meteorologischen Phänomene gewöhnlich geschieht, zu solchen Terminen die Messungen anstellen, für welche das arithmetische Mittel sich nur wenig vom wahren Tagesmittel entfernt. Als solche Stunden-Combinationen sind zu empfehlen

für die Declination: 8^h Vm., 2^h und 8 oder 9^h Nm.,
für die Inclination: 7^h und 11^h Vm. und 10^h Nm. und
für die Horizontalintensität: 7^h und 11^h Vm. und 9^h Nm.*)

8. Störungen. Den erwähnten regelmässigen täglichen Gang zeigen die drei Elemente der erdmagnetischen Kraft aber bloss im Durchschnitt ganzer Monate und an wenigen einzelnen Tagen; derselbe ist vielmehr im Allgemeinen ein sehr unregelmässiger, so dass die wirklichen Werthe oft in rascher Folge und um bedeutende Beträge von diesem normalen Gange nach der einen und andern Seite abweichen. Diese Abweichungen vom normalen Gange, welche selbst in mittlern Breiten bei der Declination $\pm$ 1°, bei der Inclination $\pm$ 10′, und bei der Horizontalintensität $\pm$ 0,03 Gauss'sche Einheiten betragen können, werden als magnetische Störungen und die bedeutendern auch wohl als magnetische Ungewitter oder Stürme bezeichnet.

Die Störungen machen sich durchweg bei allen 3 Elementen zugleich geltend und scheinen sich stets auf die ganze Erodoberfläche auszudehnen, manifestiren sich aber an verschiedenen Orten in verschiedener Weise. Der Betrag der Störung ist unter höhern Breiten viel bedeutender als unter niedrigern; verschwindet wenigstens für die Declination am Aequator fast ganz und wird für diese auf der südlichen Halbkugel entgegengesetzt. Für Orte derselben geogr. Länge ist die Form der Störung eine ganz ähnliche und wird nur in höhern Breiten eine entschieden abweichende. Betrachten wir dagegen Orte gleicher Breite, aber verschiedener Länge, so zeigen um 180° auseinanderliegende Punkte häufig zu gleicher Zeit entgegengesetzte Störungsschwankungen.

*) Die von Kreil entdeckten periodischen Veränderungen der magnetischen Elemente nach Mondszeit, sowie die von Hornstein für die Rotationszeit der Sonne nachgewiesenen haben als sehr klein mehr nur eine theoretische Bedeutung und können daher hier ganz ausser Acht gelassen werden.

Die Häufigkeit der magnetischen Störungen geht Hand in Hand mit der Häufigkeit der Sonnenflecken und der Nordlichter, zeigt also wie diese eine ungefähr 11 jährige Periode.

Die Störungen beeinträchtigen unter allen zeitlichen Veränderungen der magnetischen Elemente ihres hohen Betrages und ihrer Unregelmässigkeit halber am meisten die Sicherheit der magnetischen Messungen. Zu Zeiten eigentlicher magnetischer Ungewitter, welche leicht an einer beständigen Unruhe und an plötzlichen Bewegungen der Declinationsnadel zu erkennen sind, ist es gerathen, die Beobachtungen, aus welchen mittlere Werthe der magnetischen Elemente abgeleitet werden sollen, ganz auszusetzen. Finden dagegen nur geringere Störungen statt, so sind aus Messungen während derselben doch noch brauchbare Resultate herzuleiten, wenn man sich genau die Zeiten der einzelnen Beobachtungen notirt und wenn in der Nähe ein Observatorium sich befindet, wo in kurzen Intervallen magnetische Variationsinstrumente abgelesen werden oder noch besser eine continuirliche Selbstregistrirung solcher erfolgt. Da nämlich an nahe liegenden Orten eine fast mathematische Uebereinstimmung im Gange der Störungen erfolgt, so kann man nachträglich vermittelst der gleichzeitigen Aufzeichnungen der letztern die erhaltenen Beobachtungsresultate auf wahre Mittel reduciren. Für den Fall grösserer Entfernung (d. h. etwa über 5° in Breite und 10° in Länge) des Beobachtungsortes von einem ständigen magnetischen Observatorium kann man zwar die Veränderung des Störungsbetrags mit der Länge und Breite bei der Reduction einigermaassen in Rechnung bringen, doch erscheint es im Allgemeinen sicherer, an jedem Orte mehrere Messungen zu verschiedener Zeit anzustellen, um dann später diejenigen von ihnen, die nach der Angabe graphischer Instrumente mit Störungen zusammenfielen, ganz zu streichen oder wenigstens bei der Ableitung der Mittelwerthe mit geringerem Gewichte in Rechnung zu bringen.

II. Beschreibung und Gebrauch der magnetischen Reise-Instrumente.

Dem Zweck dieses Werkes entsprechend, das namentlich als Anleitung für Reisende in noch wenig erforschte, also auch von den Culturcentren entfernte Gegenden bestimmt ist, haben

wir uns bei der Auswahl der hier zu beschreibenden Instrumente für die Bestimmung der drei Elemente des Erdmagnetismus besonders von zwei an dieselben zu stellenden Anforderungen leiten lassen; erstlich sollen sie alle Elemente nicht bloss relativ, sondern absolut zu messen gestatten, da man sich auf längeren Reisen nicht auf die unveränderte Erhaltung gewisser Grössen, welche die erste Methode voraussetzt, verlassen kann; zweitens müssen sie selbst auf die Gefahr hin, eine etwas geringere Genauigkeit der Messung damit erzielen zu können, compendiös und dauerhaft sein, sowie rasche und einfache Beobachtungen gestatten. Durch die erste Forderung wurde der magnetische Reisetheodolit von Lamont[4]) trotz der guten Resultate, welche er selbst damit bei seinen magnetischen Ortsbestimmungen in Deutschland, Frankreich und Spanien erzielt hat, von unserer Betrachtung ausgeschlossen, da derselbe für die Declination und Inclination und theilweise auch die Intensität nur relative Bestimmungen erlaubt, ebenso auch das compensirte Magnetometer von W. Weber (beschrieben von Kohlrausch)[5]), da dasselbe eine absolute Bestimmung zwar nicht ausschliesst, wohl aber sehr erschwert; den zweiten Bedingungen entsprechend, glaubte ich hier auch von dem vollständigern magnetischen Theodoliten sowohl in der Gestalt, wie sie ihm Lamont gegeben hat[6]) als auch in der in England üblichen von Lloyd[7]) und ebenso in denjenigen Formen, die ich angegeben habe[8]), absehen zu müssen. Gelegentlich werde ich indessen einige Andeutungen über den abweichenden Gebrauch auch dieser letztern Instrumente nicht unterlassen.

1. Verification der Instrumente. Da selbst die aus den renomirtesten Werkstätten hervorgegangenen magnetischen Instrumente nicht immer den an sie zu stellenden constructiven Anforderungen genügen, so müssen dieselben behufs Erzielung guter Resultate vor dem Gebrauche durchaus einer sorgfältigen Verification unterworfen werden. Diese Verification erfordert aber vielfach Hülfsinstrumente und Vorrichtungen, wie sie auf Reisen gewöhnlich nicht zur Disposition zu sein pflegen; es ist daher nothwendig, dass dieselbe vor Antritt der Reise erfolge. Wenn in der Nähe des Ausgangspunktes der Reise keine meteorologisch-magnetische Centralanstalt vorhanden ist, wo der Reisende zu dieser Verification die nöthigen Hülfsmittel

und Anleitung findet, so wird er sich diese doch von irgend einem physikalischen Institute verschaffen können. Ich werde daher der Kürze halber in Folgendem nur die Bedingungen angeben, denen das bezügliche Instrument zu genügen hat und deren Erfüllung durch die Verification zu constatiren ist, dagegen auf Erörterungen über die Verificationsmethoden selbst nicht eingehen. Nach jeder längeren Reise sollte, wo möglich an demselben Orte wie vorher, eine neue Verification aller Theile der Instrumente erfolgen, um sich von der unveränderten Erhaltung derselben zu überzeugen.

Eine erste und allgemeine Bedingung für alle magnetischen Instrumente ist, dass alle Theile derselben mit Ausnahme der Magnete selbst, durchaus eisenfrei oder unmagnetisch seien.

2. Aufstellung der Instrumente. Da ein passender Stand für die Aufstellung der magnetischen Instrumente nur an den wenigsten Orten unmittelbar zu finden ist, so ist es im Allgemeinen nöthig, ein Gestell mit 3 Füssen auf die Reise mitzunehmen. Damit dasselbe beim Transport weniger Raum einnehme, wird es zum Auseinandernehmen oder besser zum Zusammenklappen eingerichtet. Die obere, die Füsse verbindende Platte besteht gewöhnlich aus Messing und ist mit 3 radialen Rinnen zur Aufnahme der Stellschraubspitzen der Instrumente versehen. Etwa in der halben Höhe werden die 3 Stativfüsse durch ein Brett oder durch einzuhakende Stangen verbunden, auf welche man ein zusammenzuklappendes Brett legen kann. Dieses Brett dient als Tisch für Hülfsapparate, wie Libelle, Putzleder u. dergl. Das Stativ mit allen zugehörigen Theilen muss ebenfalls ganz unmagnetisch sein.

Zur Anstellung der Beobachtungen wird das Stativ an einem frei gelegenen Orte, möglichst fern von allen Gebäuden und andern Gegenständen, die Eisen enthalten, so aufgestellt, dass seine obere Platte nach dem Augenmaasse ungefähr horizontal steht. Dass der Beobachter selbst alle eisernen Gegenstände, wie Schlüssel, Messer u. dergl., die er gewöhnlich bei sich trägt, abzulegen und in einige Entfernung zu bringen hat, versteht sich wohl von selbst; es erscheint aber nicht überflüssig, darauf aufmerksam zu machen, dass häufig auch Theile der Kleidungsstücke, wie z. B. Knöpfe und Schnallen, etwas magnetisch sind und wegen der Nähe des Beobachters störend auf die Magnete der Instrumente einwirken können. Eine

genaue Prüfung der letztern ist daher ebenfalls geboten. Dasselbe gilt auch von dem zu den Messungen zu benutzenden Chronometer, für welches, da es nicht zu entbehren ist, wenigstens die geringste Entfernung ermittelt werden muss, wo es aufhört, einen erheblichen Einfluss auszuüben.

3. Bestimmung der Inclination. Das zur absoluten Bestimmung der Inclination dienende Instrument, das sogenannte Inclinatorium, besteht aus einem horizontalen getheilten Kreis mit 3 Stellschrauben. Auf der Alidade dieses Kreises ist ein verticaler getheilter Kreis mit umgebendem Gehäuse aus Messing und Glas und einem Träger für die Horizontalaxe der Inclinationsnadel befestigt, und auf ihr selbst oder oben auf dem Gehäuse befindet sich eine Libelle. Ausserdem gehören zu jedem Inclinatorium zwei oder mehrere Inclinationsnadeln, zwei der Grösse dieser Nadel angepasste kräftige Magnetstäbe und ein sogenannter Streichtrog, in welchen man die Inclinationsnadel fest hineinlegen kann, wenn sie zur Umkehrung der Pole mit den Magnetstäben gestrichen werden soll. Ein Haarpinsel und ein Stück sämisches Leder zum Entfernen des Staubes sind unentbehrlich; ein kleiner Taschencompass ist als Beigabe erwünscht.

Der Horizontalkreis bei den Inclinatorien ist durchweg so getheilt, dass man mit dem Vernier noch 1 Minute ablesen kann; die Ziffern gehen von 0 bis 350. Der Verticalkreis ist entweder in gleicher Weise, oder nur je in den verschiedenen Quadranten von 0 bis 90, beziffert, wobei dann die Null-Linie annähernd horizontal liegt. Die Ablesung der Nadel-Stellung an ihm geschieht entweder in der Art, dass man direct beobachtet, welchem Theilstrich die Spitze der Nadel gegenübersteht — in diesem Fall muss die Nadel sehr spitz sein, dem innern, getheilten Rande des Kreises sehr nahe kommen und der Kreis entweder in $^1/_3{}^0$ oder $^1/_6{}^0$ direct eingetheilt sein, so dass man unter Zuhülfenahme einer Lupe leicht und sicher die Zehntel, also 2′ oder 1′ schätzen kann — oder an der Alhidade des Kreises, deren Verniers dann mindestens noch 1′ ablesen lassen, sitzen zwei kleine Mikroskope mit Fadenkreuzen, welche letztere auf die Nadelspitzen oder feine Striche an den Nadelenden eingestellt werden. Die letztere Ablesungsmethode besitzt den Vorzug, dass der getheilte Kreis nicht so nahe an die Nadel herantreten muss, und so Störungen durch dazwischen kommende Staubtheilchen, oder durch schwach magnetische Eigenschaften des erstern viel weniger zu befürchten sind, als bei der ersten Methode.

Die Nadeln tragen auf einer ihrer Seitenflächen zwischen der Mitte und dem einen Ende eine Marke, am besten eine Ziffer zu ihrer Unterscheidung und zur Bezeichnung ihrer Seiten und Enden,

sie sollen ferner recht dünne, kreisrunde und zum Hochglanz polirte Stahlzapfen haben, auf deren gute Erhaltung besondere Sorgfalt zu verwenden ist. Die Lager, auf welche sie im Gehäuse zu liegen kommen, bestehen meistens aus ebenfalls zum Hochglanz polirten, ganz schwach abgerundeten Achatschneiden.

Nachdem das Instrument überhaupt und namentlich im Innern des Gehäuses die Lager für die Nadelaxe und der innere Rand des getheilten Kreises sorgfältig von Staub befreit worden sind, wird dasselbe auf den Dreifuss gestellt und in gewöhnlicher Weise nivellirt.

Alsdann müssen folgende Bedingungen erfüllt sein. Die Ebene des verticalen getheilten Kreises muss genau vertical sein; die Kanten der Achatschneiden sollen in ein und dieselbe Horizontalebene fallen und so hoch sein, dass wenn die Zapfen der Nadel auf ihnen ruhen, die Axen der letztern genau in das Centrum des getheilten Kreises fallen; ferner müssen die Einschnitte in der Arretirungsvorrichtung, in welche sich die Nadelzapfen beim Arretiren einlegen, so justirt sein, dass die Nadelaxe nach dem Lösen der Arretirung jeweilen genau senkrecht zur Ebene des getheilten Kreises und in dessen Centrum sich befindet; endlich soll die Nadel selbst senkrecht auf ihrer Axe stehen.

Nach erfolgter Nivellirung ist nun die Ebene des Verticalkreises zuerst in den magnetischen Meridian zu bringen. Zu dem Ende wird eine der Nadeln, nachdem ihre Zapfen mit dem Leder oder besser durch Einstechen in ein Stück Hollundermark gereinigt worden sind, so in den Apparat auf die Lager gelegt, dass die markirte Seite dem Beobachter zugewendet ist, die Arretirung sanft gelöst und das Gehäuse — das jeweilen nur für das Einlegen oder Herausnehmen der Nadel auf kurze Zeit geöffnet wird — so gedreht, bis der Nordpol der Nadel auf 90° der Theilung weist und dabei die Kreistheilung nach Norden gewendet ist. Der Horizontalkreis wird jetzt geklemmt, die Nadel durch die Arretirung nochmals gehoben und sanft heruntergelassen und darauf die Mikrometerschraube am Horizontalkreise, wenn nöthig, gedreht, bis der Nordpol der Nadel genau auf 90° einsteht. Die Ablesung des Verniers am Horizontalkreise bei dieser Stellung sei a_1. Nunmehr drehen wir vermittelst der Mikrometerschraube den Horizontalkreis weiter, bis auch der Südpol der Nadel genau auf 90° weist, und wiederhohlen dies, wenn nöthig, nachdem wir wieder die Arretirung gehoben und gesenkt haben. Die neue Ablesung am Horizontalkreise sei a_2. Die Klemme am Horizontalkreise wird jetzt gelöst, das Gehäuse um 180° gedreht, so dass die getheilte

Seite des Verticalkreises nach Süden gewendet ist, und wie vorhin zuerst das untere, dann das obere Ende der Nadel auf die Theilstriche 90 des letztern eingestellt. Die zwei entsprechenden Ablesungen am Horizontalkreise seien a_3 und a_4; alsdann ist die Ablesung am Horizontalkreise, bei welcher die Ebene des Verticalkreises senkrecht auf dem magnetischen Meridian steht, hinlänglich genau gegeben durch:

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4},$$

für einen Kreis, der nach beiden Seiten von 0 bis 180° numerirt ist,

$$\text{und} \quad a = \frac{a_3 + a_4 - a_1 - a_2}{4}$$

für einen Kreis, der von 0 bis 360° numerirt ist; und man hat, um den Verticalkreis in den magnetischen Meridian zu bringen, nur den Vernier am Horizontalkreise auf:

$$a \pm 90^0$$

einzustellen.

Da für diese Einstellung auf den Meridian eine Genauigkeit von $\pm\, ^1/_2{}^0$ vollkommen genügt, so braucht man nur einen Vernier dabei zu beobachten.

Die Nadel wird jetzt aus dem Gehäuse herausgenommen, in den Streichtrog gelegt, die Stellung ihrer Pole mit dem Compass untersucht und darauf die letzteren durch Streichen mit den grossen Magneten vertauscht, so dass das Ende, welches vorher ein Nordpol war, jetzt zu einem Südpol wird.

Es habe sich z. B. bei der Untersuchung der Nadel mit dem Compass das bezeichnete Ende als Südpol erwiesen, so werden die beiden Streichmagnete zur Umkehr der Pole so in der Nähe des Centrums der Nadel in beinahe verticaler Stellung aufgesetzt, dass der Südpol des einen Magneten auf das bezeichnete Ende, der Nordpol des andern auf das freie Ende der Nadel zu liegen kommt, und darauf streicht man mit jedem Magnet über die betreffende Nadelhälfte bis zum Ende hin, hebt die Stäbe auf, setzt sie wieder in gleicher Weise in der Mitte an und wiederholt so das Streichen eine bestimmte Zahl von Malen, etwa 10 Male. Sodann kehrt man die Nadel um ihre Längsaxe um 180° um, so dass jetzt die bezeichnete Seite nach unten gekehrt ist, wenn sie vorher oben war, und streicht sie in genau gleicher Weise wieder 10 Male. Damit bei diesem Streichen die Nadel keinen Schaden leidet, müssen die Streichmagnete etwas abgerundete Ränder haben, ferner muss die Nadel festgehalten und zugleich ihre Axe gegen Anstossen der Magnete geschützt werden. Es geschieht das Letztere in der Regel durch einen kleinen

Bügel, der über die Mitte der Nadel gelegt wird und sie an den Streichtrog schwach anklemmt.

Nach erfolgter Ummagnetisirung der Nadel — es sei dabei das bezeichnete Ende zu einem Nordpol geworden — werden die Zapfen wieder gereinigt, die Nadel in das Gehäuse so eingelegt, dass die bezeichnete Seite nach Osten gerichtet ist und der Verticalkreis so in den magnetischen Meridian gebracht, dass seine getheilte Seite nach Ost gewendet ist. Man versetzt darauf die Nadel nach Lösung der Arretirung durch einen Hülfsmagneten in Schwingungen und beobachtet 2 Male nach einander vermittelst des Chronometers die Anfangs- und Endzeit von etwa 10 Schwingungen derselben.

Ist so die Schwingungsdauer der Nadel bestimmt, so wird sie mit demselben Hülfsmagnet beruhigt und zwei Mal ihre Gleichgewichtslage an beiden Enden abgelesen, nachdem man jedesmal vorher die Arretirung gehoben und langsam wieder gesenkt hatte. Das Mittel der vier Ablesungen am Kreise für die beiden Nadelenden und die beiden Einstellungen sei i'_1, so gilt also diese Grösse für bezeichnetes Nadelende als Nordpol, bezeichnete Nadelfläche nach Ost und Kreistheilung nach Ost gewendet.

Eine gleiche Beobachtung wird gemacht, nachdem man den Verticalkreis genau um 180° umgedreht hat. Das Mittel aus den vier neuen Ablesungen am Kreise: i'_2 gilt dann für bezeichnetes Nadelende als Nordpol, bezeichnete Nadelfläche nach West und Kreistheilung nach West.

Nunmehr wird die Nadel auf ihren Lagern umgelegt — wozu vollkommenere Instrumente eine besondere mechanische Vorrichtung besitzen, sonst muss dies von der Hand geschehen — und die Beobachtung ihrer Gleichgewichtslage bei dieser Stellung wiederholt. Das Mittel der 4 Ablesungen am Kreise: i'_3 bezieht sich dann offenbar auf bezeichnetes Nadelende als Nordpol, bezeichnete Nadelfläche nach Ost, Kreistheilung nach West gewendet.

Endlich drehen wir bei unveränderter relativer Lage der Nadel den Verticalkreis wieder genau um 180° und beobachten die neue Stellung derselben. Das Mittel der 4 Kreisablesungen: i'_4 bezieht sich auf bezeichnetes Nadelende als Nordpol, bezeichnete Nadelfläche nach West, Kreistheilung nach Ost gewendet.

Das Mittel i' der vier so erhaltenen Grössen oder:

$$i' = \frac{i'_1 + i'_2 + i'_3 + i'_4}{4}$$

gilt also für das bezeichnete Ende der Nadel als Nordpol.

Die Nadel wird jetzt entsprechend wie oben und insbesondere durch dieselbe Strichzahl ummagnetisirt, so dass ihr bezeichnetes Ende ein Südpol wird, die Schwingungsdauer neu bestimmt — die nahezu gleich sein soll — und darauf die Gleichgewichtslage der Nadel in denselben vier Hauptstellungen wie oben bestimmt. Heissen wir die entsprechenden vier Beobachtungsresultate: i''_1, i''_2, i''_3, i''_4, so bezieht sich also das Mittel aus ihnen:

$$i'' = \frac{i''_1 + i''_2 + i''_3 + i''_4}{4}$$

auf das bezeichnete Ende der Nadel als Südpol.

Die wahre Inclination i ist dann gegeben durch:

$$i = \frac{i' + i''}{2}.$$

Es gilt dieselbe für das Mittel aus den Zeiten, zu welchen man die einzelnen Messungen gemacht hat.

Dieses Resultat ist nur dann mit genügender Annäherung richtig, wenn die Schwingungsdauer der Magnetnadel bei den beiden verschiedenen Pollagen nahezu dieselbe gewesen ist, wenn ferner der Schwerpunkt derselben sehr nahe in die Drehungsaxe fällt, was daran zu erkennen ist, dass die Werthe i'_1, i'_2 etc. und i''_1, i''_2 etc. nur wenig von einander abweichen und wenn endlich die Zapfen der Nadel sehr nahe kreisrund sind. Um den letztern, schwer zu bestimmenden Fehler unschädlicher zu machen, und überhaupt allfällige Veränderungen der Nadel besser erkennen zu können, thut man gut, stets eine entsprechende Beobachtungsreihe auch noch mit der zweiten Nadel anzustellen. Ist die Differenz der mit beiden Nadeln gewonnenen Resultate nicht grösser als bei den Verificationsuntersuchungen, so kann man wohl annehmen, dass beide Nadeln unverändert geblieben sind, also noch gute Resultate geben.

4. Bestimmung der Declination. Das einfachste zur absoluten Bestimmung der Declination benutzbare Instrument ist der Azimutalcompass oder die Declinationsbussole. Er besteht aus einer dosenförmigen Messingbüchse mit Glasdeckel, in deren Innerem ein horizontaler getheilter Kreis und eine Magnetnadel sich befinden. Die letztere ruht

vermittelst eines Achathütchens auf einer Stahlspitze im Centrum des Kreises und bewegt sich bei der Drehung um diese Verticalaxe mit ihren spitzen Enden entweder hart vor dem getheilten Rande des Horizontalkreises oder über der Theilung auf der Bodenplatte der Büchse, in welchem Falle aber die letztere zur Vermeidung der Parallaxe bei der Ablesung spiegelnd sein muss. Aussen an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten des Büchsenrandes sind um horizontale Axen drehbare Diopter angebracht. Das eine besteht aus einer feinen Oeffnung oder verticalen Spalte in einer Messingplatte mit vorzuschiebendem Sonnenglas, das andere aus einem länglichen, rechteckigen Messingrahmen mit in seiner Mitte der Länge nach ausgespanntem, schwarzen Verticalfaden und einem dahinterstehenden kleinen, ebenfalls für sich um eine horizontale Axe drehbaren Planspiegel. Die Anwendung dieses einfachen Compasses setzt voraus, dass die obere Platte des Stativs eine der Dose desselben entsprechende Vertiefung im Centrum habe, so dass man den Compass in dieselbe stellen und auch leicht darin umdrehen kann. Zur Beobachtung wird der Compass auf das Stativ gebracht und mit Hülfe eines auf die Glasdeckplatte der Büchse aufgesetzten Niveaus durch Verstellung der Beine des Stativs horizontal gemacht.

Wenn der Glasdeckel des Compasses horizontal gemacht ist, so sollen auch der Boden desselben und der getheilte Kreis, so wie die Axen der Diopter genau horizontal, die Visirlinien der letztern aber genau vertical sein. Behufs sicherer Ablesung ist es gut, wenn die Magnetnadel in horizontalem Sinne ganz schmal und nur in verticalem Sinne verbreitert ist; das Achathütchen aber muss auf jeden Fall herauszunehmen und von der entgegengesetzten Seite wieder in die Oeffnung hineinzustecken sein, damit die Nadel um ihre Längsaxe um 180° gedreht und in dieser Stellung wieder auf die Spitze gelegt werden kann. Die Nadel muss sich auf der Spitze sehr leicht drehen und daher zur Schonung der letztern eine Arretirung angebracht sein, mit der die Nadel von ihr beim Nichtgebrauche des Instruments stets abgehoben wird.

In neuerer Zeit versieht man die Compasse zur Erhöhung der Genauigkeit auch mit 3 Füssen und Nivellirschrauben, so dass sie wie das Inclinatorium auf ein gewöhnliches Stativ gesetzt und nivellirt werden können. Eine Verbesserung besteht ferner auch darin, dass man die Kreistheilung aussen auf dem obern Rand der Büchse anbringt und die Diopter an der um das Centrum derselben drehbaren Alhidade befestigt; im Innern der Büchse befindet sich dann nur die Magnetnadel ohne Theilung, deren Stellung entweder unmittelbar mit dem Augendiopter oder mit Hülfe eines hinter dem-

selben angebrachten rechtwinkligen Ocular-Prismas beobachtet wird. Die Kreistheilung kann hier leicht bis zu $^1/_6{}^0$ gehen, so dass vermittelst einer Lupe die Indexstellung bis auf 1′ genau geschätzt werden kann.

Von dieser zuletzt angegebenen Form des Azimutalcompasses unterscheidet sich der magnetische Theodolit im Wesentlichen nur dadurch, dass statt der Diopter als Absehvorrichtung ein excentrisches Fernrohr angebracht ist, dass der Magnet an einem feinen ungedrehten Seidenfaden als Drehungsaxe aufgehängt wird und derselbe zur Beobachtung seiner Stellung mit dem Fernrohr entweder einen Collimator in sich trägt oder mit einem Spiegel versehen ist, wobei dann Objectiv und Fadenkreuz des erstern den Collimator repräsentiren. Der Magnet mit Collimator im Innern ist in seiner Fassung um 180° um seine Längsaxe zu drehen oder kann mit seinem Spiegel entsprechend am Faden umgehängt werden. Auch die Verschlussglasplatte des Gehäuses soll so umzustellen sein. Die Genauigkeit der Ablesung am Horizontalkreise geht hier gewöhnlich bis 10″.

Nach erfolgter Nivellirung des Compasses stellt man die Visirlinie der Diopter durch Drehung desselben auf die sogenannte Mire, d. h. auf irgend einen entfernten festen Gegenstand ein, der eine scharfe Marke darbietet, z. B. auf eine Thurmspitze, auf das Fensterkreuz eines Hauses, auf die Mitte eines Baumstamms etc. und liest nach Lösung der Arretirung und Beruhigung der Magnetnadel die Stellung der letztern für beide Enden am getheilten Kreise ab; darauf wird die Nadel herausgenommen, das Achathütchen umgesetzt, die Nadel nach dieser Drehung um 180° wieder eingelegt und unter steter Hinrichtung der Virsirlinie nach der Mire, der neue Nadelstand am Kreise abgelesen, die Ablesung sei im erstern Fall β_1, im zweiten β_2. Nunmehr dreht man den Compass so lange, bis der Faden des Diopters beim Visiren nach der Magnetnadel hin dieselbe in ihrer ganzen Länge deckt resp. halbirt, und liest den jetzigen Nadelstand am Kreise ab. Heissen wir diese Ablesung c — dieselbe soll eigentlich gleich Null sein — so ist der Winkel zwischen der Richtung nach der Mire hin und der magnetischen Axe des Magneten resp. dem magnetischen Meridian des Beobachtungsortes gegeben durch:

$$b = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - c,$$

und wenn a das Azimut der Mire bezeichnet, so ist die gesuchte D e c l i n a t i o n d d e r e r d m a g n e t i s c h e n K r a f t:

$$d = b - a.$$

Hier repräsentirt ein positives Vorzeichen von d eine westliche Declination, d. h. ein Abweichen des Nordpols der Nadel nach Westen vom Nordpunkte des astronomischen Meridians aus, wenn wir das Azimut a der Mire vom Nordpunkte aus positiv nach Osten, und ebenso den Winkel b zwischen der Mire und dem Nordpol der Nadel von der Mire aus positiv nach links zählen.

Ist das Azimut der Mire bereits bekannt, so ist damit eine Declinationsbestimmung vollendet und es gilt der erhaltene Werth für das Mittel der bei den Ablesungen der einzelnen Nadelstände notirten Zeiten. Man thut gut, mehrere solche Beobachtungsreihen nach einander anzustellen, um den störenden Einfluss der Reibung des Achathütchens an der Spitze besser zu eliminiren.

Wenn dagegen das Azimut a der Mire nicht gegeben ist oder gar kein als solche geeigneter Gegenstand vorhanden ist, so kann das Azimut der Mire in folgender Weise durch die Beobachtung der Sonne bestimmt oder die Stellung des Magneten direct auf diese bezogen werden.*) Man richtet vor oder nach den vorigen Messungen die Visirlinie des Compasses gegen die Sonne, schiebt das Sonnenglas vor und bestimmt nach den Schlägen des in der Nähe, etwa unten auf dem Stativ, stehenden Chronometers die Zeit des Antritts des ersten und darauf die des zweiten Sonnenrandes an den Verticalfaden des Diopters — bei hohem Sonnenstande wird zu dem Ende der Spiegel hinter demselben zu Hülfe genommen. Gleich hernach liest man den Stand γ_1 der Magnetnadel am Kreise ab und darauf den Stand der letztern β_1, wenn das Visir auf die Mire eingestellt ist. Heissen wir das Mittel aus den für den Fadenantritt des ersten und zweiten Sonnenrandes beobachteten Uhrzeiten U, so findet man zunächst das Azimut a' der Sonne, vom Nordpunkt aus positiv nach Osten gezählt, nach der Formel:

$$\operatorname{tang} a' = \frac{\sin t}{\cos \varphi \operatorname{tang} \delta - \sin \varphi \cos t},$$

wo φ die geographische Breite des Beobachtungsortes, δ die Declination der Sonne zur Zeit der Beobachtung — die mit Berücksichtigung der Längendifferenz l mit Greenwich und der

*) Vergleiche auch „Geogr. Ortsbestimmungen“ S. 36.

stündlichen Aenderung der Declination $\Delta\delta$ dem „Nautical almanac" zu entnehmen ist —, endlich t den östlichen Stundenwinkel der Sonne repräsentiren. Der letztere aber ist gegeben durch:

$$t = 360^0 - 15\,(U + u - z),$$

wo u die Uhrcorrection und z die Zeitgleichung darstellen und zu den am Vormittage am Chronometer unmittelbar abgelesenen Uhrzeiten jeweilen noch 12 Stunden hinzuaddirt worden sind. Da nun der Horizontalwinkel zwischen der Sonne und der Mire: ν nach den Messungen am Compass gegeben ist durch

$$\nu = \gamma_1 - \beta_1,$$

so findet man schliesslich für das gesuchte Azimut der Mire:

$$a = a' - \nu,$$

wo der Winkel ν mit einem positiven Vorzeichen zu nehmen ist, wenn die Sonne vom Beobachter aus betrachtet rechts von der Mire steht.

Ist keine Mire da, so muss noch eine zweite Beobachtung eines Sonnendurchgangs am Diopterfaden erfolgen, nachdem die Nadel um 180^0 umgelegt worden ist. Das Azimut der Sonne im letztern Falle sei gleich a'' gefunden und dabei als Nadelstand am Kreise γ_2 abgelesen worden; alsdann ist wie oben die Declination d gegeben durch:

$$d = b - a$$

wo aber jetzt:

$$b = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} - c \text{ und } a = \frac{a' + a''}{2}$$

sind und der mittlere Winkel b zwischen der Sonne und dem Nordpol der Nadel von der Sonne aus positiv nach Links zu zählen ist. — Die günstigsten Tageszeiten zur Bestimmung des Azimuts a sind 6^h Vm. und 6^h Nm., nach 10^h Vm. und vor 2^h Nm. aber sollte eine solche nicht erfolgen.

Die Ablesung c am Kreise, welche der Visirlinie der Diopter entspricht, kann selbstverständlich ein für alle Male oder wenigstens für längere Zeit als Mittel mehrer bezüglicher Beobachtungen bestimmt werden; ebenso auch der Winkel $\frac{\beta_1 - \beta_2}{2}$ oder $\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2}$ d. h. der Winkel zwischen der magne-

tischen Axe der Nadel und der bezeichneten Linie oder geometrischen Axe derselben. In Folge dessen lassen sich die einzelnen Declinationsbestimmungen sehr abkürzen.

Bei Anwendung des oben beschriebenen verbesserten Azimutal-Compasses wird die Alhidade mit den Diopteru auf die Mire resp. Sonne eingestellt, die Stellung der Indices am Kreise abgelesen und darauf der Diopterfaden durch Drehung der Alhidade auf die Magnetnadel projicirt oder dann das Diopter mit Hülfe des Prismas auf die nähere Nadelspitze eingestellt, der Kreis wieder abgelesen und das Letztere nach Umlegung der Nadel um 180° wiederholt. Sodann nimmt man ganz dieselben Einstellungen in Bezug auf die zweite Nadelspitze vor. Hierbei kann durch die Benutzung des Prismas leicht ein Fehler entstehen, nämlich dann, wenn die Einfallsebene bei demselben nicht genau vertical ist. Das Vorhandensein und die Grösse dieses Fehlers kann entweder, die Lage des Prismas als constant vorausgesetzt, ein für alle Male durch Vergleich der Angaben des Compasses mit denen eines andern fehlerfreien Declinatoriums oder auch, wenn schon etwas weniger genau, durch eine gleichzeitige Einstellung der Alhidade nach der ersten Methode der Projection des Diopterfadens auf die Magnetnadel bestimmt werden. — Die Declinationsbestimmung mit dem magnetischen Theodolithen schliesst sich ganz an das Verfahren beim letztern Compasse an; es muss nur noch jeweilen vor der Beobachtung die Torsion des Aufhängefadens vollständig dadurch aufgehoben werden, dass man statt des Magneten einen gleichschweren unmagnetischen Körper eine Zeit lang daran aufhängt. Da gerade auf Reisen, wo das Instrument verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeitszuständen der Luft ausgesetzt ist, die Torsion des Seidenfadens eine sehr veränderliche Grösse ist, so muss diese Operation bei kürzern Faden vor jeder Messung vorgenommen werden, wenn man nicht Fehler riskiren will, die grösser sind als diejenigen beim Azimutal-Compass.

5. Bestimmung der Horizontalintensität. Die absolute Bestimmung der Horizontal-Componente H der erdmagnetischen Kraft setzt, wie wir schon sub I. 4. kurz angedeutet haben, zwei gesonderte Messungen und dem entsprechend auch zwei besondere Apparate dazu voraus.

Der erste Apparat dient zu den Schwingungsbeobachtungen und besteht aus einem hölzernen oder gläsernen Kasten mit Glasdeckel und drei Füssen mit Stellschrauben. In der Mitte des abnehmbaren Glasdeckels ist ein verticales Messing- oder Glasrohr eingesetzt, das an seinem obern Ende die, in der Höhe etwas verstellbare Befestigungsöse für den Seidenfaden, sowie einen kleinen Torsionskreis, besitzt. Am untern Ende des Seidenfadens ist ein Haken mit Schlitz befestigt, an welchen man den Schwingungsmagneten anhängen kann. Ein durch diesen

Schlitz des Hakens und entsprechende Oeffnungen in der Röhrenwand durchgestekter Stift verhindert eine Torsion des Fadens im unbelasteten Zustande. Auf dem Boden des Kastens befindet sich eine einfache Kreistheilung auf Papier — ganze Grade —, ein kleines Thermometer — ganze Grade — und eine kleine, von aussen zu hebende Platte oder dergl. zur Beruhigung des Magneten.

Der letztere hat eine Länge von höchstens 60 Millimeter und entweder eine genau cylindrische Gestalt mit ganz kleiner Aufhängeöse in der Mitte, um sein Trägheitsmoment aus dem Gewicht und den Dimensionen durch Rechnung ableiten zu können, oder seine Messingfassung ist zur empirischen Bestimmung des Trägheitsmoments, sei es mit einer kreisförmigen horizontalen Platte zum Auflegen eines genau gearbeiteten Messingrings, sei es mit einer zweiten Hülse versehen, in welche parallel zum Magnet ein genau gearbeiteter Messingcylinder einzuschieben ist. Zur Aufhebung der Torsion des Fadens wird an Stelle des Magnets ein gleich schwerer Messingkörper an ihn gehängt, auf den man eventuell ebenfalls den Messingring oder den Messingcylinder auflegen kann.

Mit dem zweiten Apparat sind die Ablenkungsbeobachtungen auszuführen. Es kann dazu der Azimutalcompass, besonders in der oben erwähnten verbesserten Form, die wir hier allein näher betrachten werden, dienen. Zu dem Ende muss sich auf der Alhidade desselben eine Messingschiene genau senkrecht zur Visirlinie der Diopter befestigen lassen, und auf der Schiene muss sich in verschiedenen genau zu messenden Entfernungen vom Centrum der Büchse der Schwingungsmagnet so aufsetzen lassen, dass seine magnetische Axe gegen dieses Centrum gerichtet ist und sich in derselben Horizontalebene mit der Magnetnadel in der Büchse befindet. Statt der Declinationsnadel wird eine kleinere Magnetnadel in die Büchse gebracht, welche Nadel behufs Beobachtung ihrer Stellung mit dem Prisma durch angesetzte Messingspitzen verlängert ist. An der Messingschiene befindet sich auch ein Halter zur Aufstellung eines einfachen Thermometers.

Beim Azimutalcompass der ersten Art kann die Querschiene einfach an der Büchse befestigt werden. Beim magnetischen Theodoliten sind sowohl der Schwingungsapparat als

der Ablenkungsapparat im Wesentlichen dieselben, nur hängt da auch der kleinere abzulenkende Magnet an einem ungedrehten Seidenfaden.

Beobachtung der Schwingungsdauer. Der Schwingungsapparat wird auf das Stativ gestellt, die Torsion des Aufhängefadens annähernd aufgehoben, der Magnet in den Kasten gehängt und mit den Fussschrauben der letztere so justirt, dass das Magnetcentrum mit dem Centrum des getheilten Kreises zusammenfällt. Der getheilte Kreis im Kasten wird so gerichtet, dass sein Nullpunkt genau unter den Nordpol des Magneten in seiner natürlichen Gleichgewichtslage fällt. Bei dieser Ruhelage soll die Längsaxe (eigentlich die magnetische Axe) des Magneten überdies genau horizontal sein, was am besten durch Biegung der Aufhängeöse erreicht werden kann.

Nach dieser Berichtigung des Instruments wird der Magnet vermittelst eines Hülfsmagneten um ungefähr 8^0 von seiner Gleichgewichtslage abgelenkt und zunächst die Dauer von 10 Doppelschwingungen desselben um diese Gleichgewichtslage nach Entfernen des Hülfsmagneten mit dem Chronometer gemessen. Hieraus berechnet man sofort einen ersten angenäherten Werth der Schwingungsdauer des Magnets und damit die ungefähre Dauer von 5, 10 und 100 einfachen Schwingungen des Magnets. Dies setzt uns in den Stand, zum Voraus mit einer Genauigkeit von $1-2^s$ den Eintritt der 5, 10, 15 etc. sowie der 100, 105, 110, 115 etc. Schwingung anzugeben, wenn wir zu der berechneten Dauer von 5, 10, 100 etc. Schwingungen die Zeit der 0ten Schwingung hinzuaddiren. Nachdem daher der Magnet stärker als vorher, etwa bis 10 oder 12^0 aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt worden ist, hat man nur die schon annährend bekannte Zeit jedes 5ten Durchgangs durch die Gleichgewichtslage nach dem Chronometer genauer zu notiren und zwar etwa von der 0ten bis zur 45ten Schwingung und dann wieder von der 100ten bis zur 145ten Schwingung. Die Differenzen der ersten und entsprechenden letzten Zahlen geben dann 10 Werthe der Dauer von je 100 Schwingungen des Magneten, die abwechselnd je den geraden und ungeraden einfachen Schwingungen entsprechen und deren Mittel daher von einer allfälligen Veränderung des magnetischen Meridians in der Zwischenzeit unabhängig ist. Summiren wir diese 10

Werthe und dividiren die Summe durch 1000, so werden wir einen sehr genauen mittlern Werth der einzelnen Schwingungsdauer erhalten. Am Anfang und Ende dieser Schwingungsbeobachtungen werden ausserdem noch die Temperaturen im Kasten t' und t'' und die Amplituden der Schwingungen α' und α'' notirt und zum Schlusse ist jeweilen noch der Einfluss der Torsionskraft des Aufhängefadens zu bestimmen. Zu dem Ende wird der Magnet beruhigt und seine Gleichgewichtslagen am getheilten Kreise abgelesen, nachdem man den Faden durch eine Drehung des Torsionskreises am obern Ende einmal um 360^0 nach Links und darauf um ebenso viel nach Rechts gedreht hat. Die halbe Differenz der abgelesenen Stellungen des Magneten am getheilten Kreise im Schwingungskasten sei Δ Grade.

Diese Beobachtungen geben für den unbelasteten Magneten 4 Grössen, nämlich:

die mittlere Schwingungsdauer $= T$ Chronometer-Secund.

bei der mittleren Amplitude $\frac{\alpha' + \alpha''}{2} = \alpha$ Bogen-Grade

bei der mittleren Magnet-Temp. $\frac{t' + t''}{2} = t$ Centes-Grade

und pro 360^0 Torsion eine Ablenkung $= \Delta$ Bogen-Grade.

Ablenkungsbeobachtungen. Der Azimutalcompass mit der Ablenkungsschiene, dem Thermometer an ihr und dem kleinern Magneten wird auf das Stativ gebracht und nivellirt. In einer bestimmten Entfernung legt man sodann den Schwingungsmagneten auf die Schiene in der oben angegebenen Stellung und dreht dieselbe mit der Alhidade so lange, bis die Spitze des kleinen Magnets in der Büchse bei der Beobachtung durch das Prisma mit der Visirlinie coincidirt. Nachdem man nun die Stellung der Alhidade am Kreise abgelesen hat, dreht man den ablenkenden Schwingungsmagneten um seine Mitte um 180^0 um, so dass sein Nordpol jetzt nach West weist, wenn er vorher nach Ost gekehrt war. Der Magnet in der Büchse wird in Folge dessen nach der andern Seite abgelenkt und man dreht nun die Schiene mit Alhidade nach dieser Seite hin, bis auch wieder die Diopterlinie und der kleine Magnet coincidiren. Die halbe Differenz der jetzigen Ablesung am Kreise und der früheren repräsentirt den Ablenkungswinkel u'

der kleinen Nadel aus dem magnetischen Meridian, wenn der Ablenkungsmagnet auf einer Senkrechten zu ihr durch ihr Centrum in einer Entfernung E nach Osten zu sich befindet. Wir erhalten analog einen zweiten, von diesem wenig verschiedenen Ablenkungswinkel u'', indem wir den Ablenkungsmagnet in dieselbe Entfernung E vom kleinen Magnet westlich davon auf die Schiene legen und in beiden Positionen (Nordpol nach Ost und nach West) dieselben Einstellungen wie oben machen. Lesen wir ausserdem noch die Temperaturen τ' und τ'' des Ablenkungsmagneten zu Anfang und Ende dieser Ablenkungsbeobachtungen an dem auf der Schiene aufgestellten Thermometer ab, so geben uns dieselben 3 weitere Grössen, nämlich:

den mittlern Ablenkungswinkel $\frac{u' + u''}{2} = v$ in Graden und Minuten

für die mittlere Temperatur des Abl.-Magn. $\frac{\tau' + \tau''}{2} = \tau$ in Centes-Graden

für die Entfernung der Magnetmittelpunkte $= E$ in Millimetern.

Die Entfernungen E sind bei der ersten Verification des Instrumentes für gewisse Marken auf der Schiene ein für alle Male nach wahren Millimetern ausgemessen und die Schiene soll so construirt sein, dass eine Veränderung dieser Grössen mit der Zeit nicht zu befürchten ist.

Heissen wir das magnetische Moment des Schwingungs- resp. Ablenkungsmagneten bei 0^0: M_0 und μ seinen Temperaturcoefficienten für 1^0 C., so dass $M_0 (1 - \mu t)$ das magnetische Moment bei t^0 repräsentirt, sodann ν den Inductionscoefficienten desselben, ferner N_0 das Trägheitsmoment dieses Magneten bei 0^0 und e den linearen Ausdehnungscoefficienten des Stahls für 1^0 C., also $N_0 (1+2\, et)$ das Trägheitsmoment bei t^0 C., endlich s den täglichen Gang des benutzten Chronometers in Secunden (bei dadurch beschleunigtem Zurückgehen des Chronometers als positiv aufgefasst), so ergiebt sich aus den bei den Schwingungsbeobachtungen erhaltenen 4 Daten für die Horizontalcomponente H der erdmagnetischen Kraft der Ausdruck:

$$1)\ H . M_0 = \frac{\pi^2 . N_0 (1 + 2\, e\, t)}{T^2 (1 + 0{,}00002315 . s - 0{,}00003808 . \alpha^2 + 0{,}002778 . \Delta) (1 - \mu t + \nu H)}$$

und aus den 3 bei den Ablenkungsbeobachtungen gewonnenen Grössen:

$$2)\ \frac{H}{M_0} = \frac{2(1-\mu.\tau-\nu.H\sin v)}{E_0^{\,3}(1+3m\tau)\sin v}\left[1+\frac{x}{E_0^{\,2}}+\frac{y}{E_0^{\,4}}+\ldots\right],$$

wo E_0 die wahre Länge bei 0° des Stücks der Ablenkungsschiene zwischen den beiden Magnetmittelpunkten — oder eigentlich die halbe Entfernung der Auflegungspunkte des Ablenkungsmagneten bei der östlichen und westlichen Lage desselben auf der Schiene — und m den linearen Ausdehnungscoefficienten des Messings, aus welchem die Schiene angefertigt ist, darstellen, endlich x und y zwei nicht genau bekannte, von den Dimensionen und der Vertheilung des Magnetismus in den beiden Magneten abhängige constante Grössen repräsentiren.

Will man sich in der Bestimmung der Horizontalintensität H mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,001 (Gauss'sche Einheiten) begnügen — es dürfte schwer halten, durch gewöhnliche Beobachtungen auf Reisen eine grössere Sicherheit zu erzielen — so werden die mit x und y behafteten Glieder in der Klammer des Ausdrucks 2) mit genügender Sicherheit sich gegenseitig aufheben, d. h. also:

$$\frac{x}{E_0^{\,2}}+\frac{y}{E_0^{\,4}}=0$$

sein, wenn man die Entfernung E_0 der beiden Magnete ungefähr gleich 200 mm macht und das Dicken- und Längen-Verhältniss derselben so wählt, dass die Dimensionen des kleinen suspendirten Magnets 0,8 der betreffenden des grossen oder Ablenkungs-Magnets sind, der selbst, wie oben schon bemerkt, nicht länger als 50—60 mm sein sollte.

Unter der Voraussetzung, dass diese Bedingungen erfüllt seien, enthalten also die obigen 2 Gleichungen ausser H nur noch die Unbekannten:

$$M_0,\ e,\ m,\ \mu,\ N_0 \text{ und } \nu.$$

Was zunächst die Ausdehnungscoefficienten e und m betrifft, so genügt es vollkommen, dafür die gewöhnlichen für Stahl und Messing geltenden Werthe zu setzen; nämlich:

$$e = 0{,}0000124 \qquad m = 0{,}0000180.$$

Der Temperaturcoefficient, Inductionscoefficient und das Trägheitsmoment des Schwingungsmagneten können bei sorgfältiger Behandlung des Apparats für längere Zeit als constant betrachtet werden; für kürzere Zeit kann dies auch vom magnetischen Moment M_0 des Schwingungsmagneten gelten, wenn derselbe inzwischen keinen starken Erschütterungen oder bedeutenden Temperaturvariationen ausgesetzt war und sich bereits im Zustand der Permanenz befindet.

Unter diesen Beschränkungen können hie und da auf Reisen zur Abkürzung der Messungen entweder bloss Schwingungsbeobachtungen oder nur Ablenkungsbeobachtungen gemacht werden.

Es seien z. B. an zwei benachbarten Orten die Schwingungsdauern T_1 und T_2 bei den Temperaturen t_1 und t_2 beobachtet worden und im Uebrigen s, a und $\varDelta$ dieselben geblieben, so ist nach 1) das Verhältniss der Horizontalintensitäten an beiden nach der Formel:

$$3)\quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}\left[1 + (2e + \mu)(t_1 - t_2)\right]$$

zu berechnen. Hat man dagegen an beiden Orten bloss die Ablenkungen v_1 und v_2 bei derselben Entfernung E_0 der beiden Magnete und bei den resp. Temperaturen τ_1 und τ_2 beobachtet, so ergiebt sich für dasselbe Intensitätsverhältniss aus 2) die Formel:

$$4)\quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{\sin v_2}{\sin v_1}\left[1 - (3m + \mu)(\tau_1 - \tau_2)\right].$$

Hiernach kann also, wenn der absolute Werth der Horizontalintensität für den einen Ort gegeben ist, auch derjenige für den andern Ort aus bloss einer Beobachtung bestimmt werden.

Da aber, wie schon bemerkt, die Constanz des magnetischen Moments M_0 nur eine sehr beschränkte ist, so sind im Allgemeinen stets sowohl Ablenkungs- als Schwingungsbeobachtungen an demselben Orte anzustellen, aus denen zusammen dann die absolute Horizontalintensität nach der Formel:

$$5)\ H = \sqrt{\frac{2\,\pi^2\,N_0\,x}{T^2\,E_0{}^3 . \sin v . k}},$$

zu berechnen ist, wo wir abkürzend:

$$x = 1 + 2et - 3\,m\,\tau + \mu\,(t - \tau) - \nu\,H\,(1 + \sin v)$$

und

$$k = 1 + 0{,}00002315\ .\,s - 0{,}00003808 . a^2 + 0{,}002778 . \varDelta$$

gesetzt haben.

Wegen der täglichen Variation von H ist es zur Elimination dieses Einflusses auf das Messungsresultat räthlich, je vor und nach der Schwingungsbeobachtung Ablenkungsbeobachtungen zu machen. Alsdann repräsentiren in obigem Ausdruck v das Mittel aus den beiden Ablenkungswinkeln und τ das Mittel aus den beiden Temperaturen vor und nach der Schwingungsbeobachtung.

Die allein noch unbekannten Grössen in der Gleichung 5, nämlich N_0 und μ können, wie schon oben erwähnt, längere Zeit jeweilen als constant betrachtet werden und brauchen daher durchaus nicht jedesmal neu bestimmt zu werden. Auf längern Reisen ist es indessen gut, sich von Zeit zu Zeit von ihrer unveränderten Erhaltung überzeugen zu können und es muss daber ein gutes Reiseinstrument auch hierzu die Möglichkeit darbieten.

Bestimmung des Trägheitsmomentes N_0 des Schwingungsmagneten. Hat der Magnet selbst eine genaue cylinderische Gestalt, so ist sein Trägheitsmoment N_0 aus seiner Masse Q in Milligrammen, aus seiner Länge L_0 und seinem Durchmesser D_0 bei 0° nach der Formel:

$$6)\ N_0 = \frac{Q}{12}\left(L_0 + \frac{3}{4}\,D^2{}_0\right)$$

zu berechnen. Zur empirischen Bestimmung von N_0 verfährt man folgendermaassen. Nachdem in der oben angebenen Weise die Schwingungsdauer T des unbelasteten Magneten bei der mittlern Amplitude α, der Temperatur t und der Torsionsgrösse $\varDelta$ gemessen worden, wird der erwähnte Messingring oder der Messingcylinder auf den Magneten aufgelegt und in ganz derselben Art die neue Schwingungsdauer T_1 bei einer mittlern Amplitude α_1, einer Temperatur t_1 beobachtet und ebenso auch wie oben die neue Torsionsgrösse $\varDelta_1$ bestimmt. Heissen wir das Trägheitsmoment des Messingringes oder

Messingcylinders bei 0°: R_0, so ist es bei t_1°: R_0 $(1 + 2\,m\,t_1)$ und es berechnet sich dann das Trägheitsmoment des Magneten nach der Formel:

$$7)\quad N_0 = \frac{R_0\,[1 + 2\,(m - e)\,t_1]}{\frac{T_1^2}{T^2}\,k^1\,[1 - (2e + \mu)\,(t_1 - t)] - 1},$$

wo wir abkürzend:

$$k' = 1 - 0{,}00003808\,(\alpha_1^2 - \alpha^2) + 0{,}002778\,(\Delta_1 - \Delta)$$

gesetzt haben und wo e und m die oben schon angegebenen Zahlenwerthe besitzen, endlich R_0 für den Messingcylinder durch Gleichung 6) gegeben und für einen Messingring nach der Formel:

$$8)\quad R_0 = \frac{Q}{8}\,(D_0^2 + d_0^2)$$

zu berechnen ist. Hier bedeuten Q die Masse des Ringes in Milligrammen, D_0 und d_0 seine äussern und innern Durchmesser in Millimetern bei 0_0. Bei sorgfältiger Behandlung und Aufbewahrung des Messingringes resp. Messingcylinders bleibt sein Trägheitsmoment R_0 erfahrungsgemäss während vieler Jahre auch auf längeren Reisen hinlänglich constant.

Das Trägheitsmoment N_0 des Schwingungsmagneten mit seiner Fassung bleibt so lange constant als sein Gesammtgewicht, die Dimensionen und Lagerungsverhältnisse seiner einzelnen Theile sich nicht merklich verändert haben. Will man also eine öftere Bestimmung von N_0 vermeiden, so müssen äussere mechanische und chemische Einflüsse, welche solche Veränderungen bewirken können, möglichst fern gehalten werden.

Da N_0 eine Fundamentalgrösse repräsentirt, welche von wesentlichem Einfluss auf das Resultat ist, so ist es räthlich, ihren Werth nicht bloss aus zwei einzelnen Beobachtungen, wie oben angegeben wurde, abzuleiten, sondern das Mittel aus vielen derartigen Bestimmungen zu nehmen, wobei jeweilen eine Schwingungsbeobachtung bei belastetem Magneten von zwei solchen bei unbelastetem eingeschlossen sein sollte.

Bestimmung des Temperaturcoefficienten μ des Schwingungsmagneten. Man misst rasch nacheinander die Schwingungsdauern T_1 und T_2 des Magneten bei zwei möglichst verschiedenen Temperaturen t_1 und t_2 — etwa durch Abkühlen und Erwärmen des Beobachtungsraumes —; dann findet man die Grösse μ aus der Formel:

$$9)\quad \mu = \frac{T_1^2 - T_2^2}{t_1 T_1^2 - t_2 T_2^2} - 2e.$$

Auch diese Grösse hält sich längere Zeit constant.

Die Bestimmung des Inductionscoefficienten des Schwingungsmagneten erheischt besondere Vorrichtungen, die nicht wohl am Reiseapparat anzubringen sind. Er muss daher besonders in einem magnetischen Observatorium bestimmt werden. Da indessen die durch ihn bedingte Correction den Werth von 0,001 H bei kleinen, harten und gut permanent gemachten Magneten kaum überschreiten wird, so darf man mit genügender Annäherung den mittleren Werth: $\nu = 0{,}0008$ dafür annehmen.

Genauigkeit der Messungen. Es ist für die Praxis von Wichtigkeit, dass der Beobachter sich von vorne herein klar bewusst sei, in welcher Weise die einzelnen Beobachtungsgrössen auf das Endresultat einwirken oder mit andern Worten wie genau die einzelnen Grössen bestimmt werden müssen, um im Endresultat eine gewisse Sicherheit zu erhalten. Für gewöhnliche Reisebeobachtungen dürfte, wie schon oben bemerkt, in der Bestimmung der Horizontalintensität H eine Genauigkeit von kaum mehr als: $\pm$ 0,001 absoluten Gauss'schen Maasses erzielt werden können. Soll das Endresultat diese Genauigkeit haben, so sind die zulässigen Fehler bei den üblichen Dimensionen und Einrichtungen der Apparate für:

N_0 (ganzer Werth circa 24.10^5) $\pm$ 3000

v (ganzer Werth nicht $< 40^0$) $\pm$ 1′

T (ganzer Werth circa 4) $\pm$ 0, 002

E_0 (ganzer Werth nicht $< 200^{mm}$) $\pm$ $0{,}02^{mm}$

s (täglicher Gang der Uhr) $\pm$ 50^s

α (mittlere Schwingungsamplitude) $\pm$ 8^0

Δ (für 360^0 Drehung des Fadens) $\pm$ $0{,}^04$

Schemata für die Beobachtungen. Für die vollständigen, häufig zu wiederholenden Beobachtungen ist sowohl zur Zeitersparniss als zur Vermeidung von Unvollständigkeiten durch Vergesslichkeit die Entwerfung von Beobachtungsformularen sehr zu empfehlen. Wir theilen schliesslich Muster solcher Schemata für die verschiedenen normalen Beobachtungen mit.

Ueber die geeignetesten Zeitpunkte zur Bestimmung der 3 Elemente haben wir im ersten Abschnitt das Nähere mitgetheilt.

Literatur.

1) G. B. Airy, A treatise on Magnetism. London, Macmillan & Co. 1870; deutsch von Fr. Tietjen. Berlin, Oppenheim 1874.

2) Anleitungen zur Anstellung magnetischer Beobachtungen:
J. Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin, Veit & Co. 1849.
J. B. Riddell, Magnetical Instructions for the use of portable instruments. London, Clowes & Sons. 1844.
E. Sabine, Manual of Terrestrial Magnetism (Extracted from the Admiralty Manual of Scientific Enquiry, Third Edition 1859). Revised by G. F. Fitzgerald, Creak and Whipple for the Fifth Edition 1886.

3) J. Lamont, Magnetische Ortsbestimmungen in Bayern und Deutschland. I. und II. Theil nebst Karten-Atlas. München 1854 und 1856.
—, Magnetische Untersuchungen in Nord-Deutschland, Belgien, Holland und Dänemark. München 1859.
—, Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus im südwestliche Europa. München 1858.
C. Kreil, Magnetische und geographische Ortsbestimmungen im südöstlichen Europa. Wien 1862.
G. Neumayer, Results of the Magnetic Survey of the Colony of Victoria 1858—64. Mannheim, Schneider 1869.

4) J. Lamont, Resultate des magnetischen Observatoriums in München für 1843—45. München 1846.

5) F. Kohlrausch, Das Weber'sche compensirte Magnetometer zur Bestimmung der erdmagnetischen Intensität. Pogg. Ann. Bd. 142.

6) J. Lamont. Resultate des magnet. Observatoriums etc.

7) H. Lloyd, Theodolite Magnetometer. Proceedings of the R. Irish Academy. Vol. II. p. 608 und Vol. VII. p. 8.

8) H. Wild, Bestimmung der Elemente des Erdmagnetismus auf einer Reise von St. Petersburg nach Tiflis. Wild, Repertorium für Meteorologie. Bd. I. S. 253.
—, Ueber ein neues magnetisches Universal-Instrument. ibid. Bd. III. No. 2.
—, Der magnetische Bifilar-Theodolith. Mém. de l'Acad. Imp. des sc. de St. Petersbourg. T. XXXIV. 1886.

Inclination.

Beobachter: ....
Ort: ....
Datum u. Zeit: ....
Instrument: ....
Nadel: ....
Magnet. Meridian: ....

Marke:

Schwingungen.	h. m. s.	h. m. s.
Anfang der Schwingung.		
Ende der Schwingung.		
Dauer v. Schwing.		

Schwingungsdauer:

Kreis.	Marke.	1. Einstellung.	2. Einstellung.	Mittel.
O.	O.			
W.	W.			
W.	O.			
O.	W.			

Summe:

Mittel $i' =$

Marke:

Schwingungen.	h. m. s.	h. m. s.
Anfang der Schwingung.		
Ende der Schwingung.		
Dauer v. Schwing.		

Schwingungsdauer:

Kreis.	Marke.	1. Einstellung.	2. Einstellung.	Mittel.
O.	O.			
W.	W.			
W.	O.			
O.	W.			

Summe:

Mittel $i'' =$

Inclination $i = \frac{i' + i''}{2} =$

Declination.

Beobachter: ....

Ort: ....

Datum u. Zeit: ....

Intrument: ....

Beobachtung.

Lage des Visirs und des Magneten.	Ablesung am Index I.	Index II.	Zeit.
Mire			
Marke oben			
Marke unten			
Marke unten			
Marke oben			
Mire			

Berechnung.

Marke des Magneten.	Winkel zwischen dem Magneten, Nordpol und Mire. Index I.	Index II.	Mittel C (+ links v. d. Mire.)
oben			
unten			
unten			
oben			
Mittel			

Azimut der Mire vom Nordpunkt: $a =$

Declination: $d = C - a =$

Intensität.

Beobachter: ....
Ort: ....
Datum u. Zeit: ....
Instrument: ....
Chronometer: ....
Correction des Chronom.: ....
Tägl. Gang des Chronom. s: ....
(+ Zurückgehen gegen mittl. Ortszeit.)

A. Ablenkungsbeobachtungen.

Entfernung des Magneten: E_0 bei 0° = Millim.
Anfangs-Temp. τ' =

Lage d. Magn. Seite nach	N.Pol. nach	Ablesungen am Kreis. Index I. ° '	Index II. ° '	Differenz für Vernier. ° '
Ost.	Ost.			I.
	West.			II.
West.	Ost.			I.
	West.			II.

End-Temperatur τ' = Mittel M =

Mittel-Temperatur: $\tau = \frac{\tau' + \tau''}{2} =$ Celsius.

Mittel Ablenkungswinkel $v = \frac{M}{2}$ ° '

B. Schwingungsdauer.

Anfangs-Temp. t_2' = Cels. Anfangs-Ampl. der Schw. α_2' = Grade.

No. der Schw.	h. m. s.	No. der Schw.	h. m. s.	Dauer von 100 Schw.
0		100		
10		110		
20		120		
30		130		
40		140		

T_2' = Summe:

No. der Schw.	h. m. s.	No. der Schw.	h. m. s.	Dauer von 100 Schw
5		105		
15		115		
25		125		
35		135		
45		145		

T_2'' = Summe:

End-Temperatur t_2'' = Cels. End-Amplit. der Schw. α_2'' = Grade.

Mittel-Temperatur $t_2 = \frac{t_2' + t_2''}{2} =$ Celsius.

Mittel-Amplitude $\alpha_2 = \frac{\alpha_2' + \alpha_2''}{2} =$ Grade.

Mittel-Schw.-Dauer $T_2 = \frac{T_2' + T_2''}{2} =$ Sec.

C. Bestimmung der Torsion.

Torsionskreis.	Ablesung am Thalkreise. Ende I.	Ende II.	Differenz für Ende.
+ 360			I.
— 360			II.

Mittel: $D =$

Torsionswinkel: $\triangle = \frac{D}{2} =$ Grade.

D. Ablenkungsbeobachtungen.

Wiederholung von A.

Meteorologie.

Von

J. Hann.

Der Reisende kann im Dienste der Meteorologie und Klimatologie nach vier Richtungen hin thätig sein: 1) durch eigene regelmässige Aufzeichnungen der meteorologischen Erscheinungen mit oder selbst ohne Instrumente, 2) durch Erkundigungen über die allgemeinen klimatischen Verhältnisse der durchreisten Landstriche, 3) durch Anregung zu meteorologischen Beobachtungen an Orten, wo sich hierzu geeignete Persönlichkeiten finden, 4) durch Sammeln schon vorhandener, aber noch nicht bekannter meteorologischer Aufzeichnungen.

Es ist hier am Platz, eine Ansicht darüber auszusprechen, in wie weit vereinzelte meteorologische Beobachtungen eines Reisenden für die Wissenschaft werthvoll sind. Man muss dabei unterscheiden zwischen Beobachtungen zur See und Beobachtungen auf dem Lande. Ueber den Oceanen erleiden die meteorologischen Erscheinungen fast keine örtlichen Modificationen und jede einzelne Beobachtung trägt deshalb einen allgemeinen Charakter, d. h. hat für einen grösseren Umkreis Gültigkeit. Beobachtungen während verschiedener Reisen lassen sich darum auch leicht an einander anschliessen und es bedarf einer relativ geringen Zahl derselben, um gute Mittelwerthe zu erlangen. Darum sind sorgfältige Beobachtungen auf Schiffen jederzeit erwünscht.

Anders ist es auf Ueberlandreisen. Die örtlich vereinzelten wenn auch regelmässigen Aufzeichnungen der Temperatur, des Luftdruckes, der Feuchtigkeit, Winde etc. lassen sich nur wenig verwerthen und der einzelne Reisende, der seine Aufmerksam-

keit auch zugleich vielen anderen Dingen zuzuwenden hat, thut deshalb in den meisten Fällen am besten, sich durch derartige meteorologische Beobachtungen nicht überflüssig zu ermüden und für seine andern Beobachtungen abzustumpfen. Etwas anderes ist es bei Expeditionen, wo die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disciplinen durch Personen vertreten sind. Wir rathen daher dem Reisenden, während der Reise selbst nur jene Beobachtungen anzustellen, die für die Hypsometrie des durchzogenen Landes wichtig sind, also an jedem Halteplatz oder sonst noch an interessanten Punkten, den Luftdruck und zugleich die Lufttemperatur abzulesen, ohne sich dabei an gewisse fixe Stunden zu binden. Daneben sollen nur auffallende meteorologische Erscheinungen aufgezeichnet werden. Diese Empfehlung gilt namentlich für Reisewege, welche ein sehr abwechselndes coupirtes Terrain durchziehen. Ist das Gegentheil der Fall, führt die Reise durch ganz ebenes Land, durch flache Wüsten und Steppen, dann nähern sich die Verhältnisse mehr jenen über den Oceanen und regelmässige meteorologische Beobachtungen mit fixen Stunden finden eine gute Verwerthung. Die im Nachfolgenden als wünschenswerth aufgeführten regelmässigen meteorologischen Beobachtungen zu fixen Terminen empfehlen wir aber für einen längeren Aufenthalt an einem und demselben Orte.

I. Anleitung zu vollständigen meteorologischen Beobachtungen.

Der Zweck dieser Anleitung kann nicht darin bestehen, über die Theorie und den Gebrauch der wichtigsten meteorologischen Instrumente ins Einzelne gehende Instructionen zu geben, dazu würde der hier gebotene Raum nicht ausreichen, und es existiren zudem schon leicht zugängliche empfehlenswerthe Publikationen über diesen Gegenstand (s. den bibliographischen Anhang). Unsere Hauptaufgabe muss sein, die Aufmerksamkeit des Reisenden auf jene Punkte hinzulenken, welche gerade auf Reisen von besonderer Wichtigkeit sind und die meiste Förderung unserer Disciplin versprechen. Wir wollen dabei nach den einzelnen meteorologischen Elementen vorgehen und stets zuerst das Wesentlichste über die zu empfehlenden Instrumente und Beobachtungsmethoden zusammenstellen.

1. Temperatur (a) Lufttemperatur. Die Thermometer sind bewährten mechanischen Werkstätten (siehe darüber am Schlusse) zu entnehmen und vor wie nach der Reise an einem der meteorologischen Centralinstitute einer Vergleichung mit einem Normalthermometer zu unterziehen. Während einer längeren Reise ist es zu empfehlen, wenn sich hierzu Gelegenheit bietet, die Thermometer in thauenden schon wässerigen Schnee (oder Hagel, Eis, aber diese sollen immer möglichst rein von erdigen oder gar salzigen Beimengungen sein) zu geben, und wenn kein Sinken des Quecksilberfadens mehr zu bemerken, den Stand desselben zugleich mit der Nummer des Thermometers im Beobachtungsjournal anzumerken. Durch Stösse und Erschütterungen auf dem Transport trennt sich zuweilen ein Theil des Quecksilberfadens, der, wenn noch in der Röhre, durch vorsichtiges schwaches Erwärmen sich wieder vereinigen lässt; zuweilen jedoch kommt auch etwas Quecksilber in den obersten meist etwas blasenartig erweiterten Theil der Thermometerröhre. Wenn man auf diesen Umstand nicht sorgfältig Acht hat, bekommt man leicht zu niedrige unbrauchbare Ablesungen. Durch vorsichtiges wiederholtes Stossen des Thermometergefässes gegen eine weiche Unterlage oder schwaches Erwärmen desselben, welches eben genügt, den Quecksilberfaden in die obere Endigung der Röhre und zur Wiedervereinigung mit dem dort befindlichen Quecksilbertropfen zu bringen, und nun folgende langsame Abkühlung gelingt es meist alles Quecksilber ungetheilt in die Röhre zurückzubringen. Zur Bestimmung der höchsten und tiefsten Temperatur im Laufe des Tages dienen die Maximum- und Minimum-Thermometer, deren es verschiedene Arten giebt. Als Minimum-Thermometer kann man das Rutherford'sche verwenden. Das Maximum-Thermometer von Rutherford geräth auf Reisen zu leicht in Unordnung und empfiehlt sich deshalb weniger für Reisende. Man mag daher entweder das Maximum-Thermometer von Negretti benutzen, oder das Maximum-Thermometer von Walferdin oder Philipps.*) An einem und demselben

*) Dasselbe ist ein gewöhnliches Quecksilberthermometer, das ein wenig lufthaltig ist. Ein ganz kurzes abgetrenntes Stück des Quecksilberfadens dient als Maximum-Index Dasselbe wird beim Steigen der Temperatur vorwärts geschoben, bleibt aber liegen, sobald die Temperatur zu sinken beginnt. Natürlich muss das Thermo-

Thermometer lassen sich Maximum und Minimum ablesen an den sog. Six-Thermometern. Das Weingeist-Maximum-Minimum-Thermometer nach Six von Casella oder H. Kapeller ist ein sehr bequemes Instrument, aber etwas träge und erfordert der veränderlichen oft grossen Correctionen wegen stete Aufmerksamkeit. Neuerlich haben C. Greiner in München (System Ebermayer & Greiner) und H. Kappeller in Wien Maximum-Minimum-Thermometer verfertigt mit federnden Stahl-Indices, wie bei den Six-Thermometern, die aber in einem separaten Quecksilber- (Maximum-) und Weingeist- (Minimum-) Thermometer eingeschlossen sind und auch wie bei den Six-Thermometern mittelst Magneten eingestellt werden. Dieselben dürften nach den bisherigen Erfahrungen auch Reisenden gute Dienste leisten. (Ueber Maximum-Minimum-Thermometer siehe näheres in Jelinek, Anleitung zu meteorologischen Beobachtungen. Neue Auflage von J. Hann, Wien 1884, S. 30—40.) Wenn man diese Instrumente benützt, ist es nöthig öfter und bei verschiedenen Temperaturen zugleich mit der Ablesung des gewöhnlichen Thermometers eine Ablesung des Standes (des Quecksilber- oder Alkoholfadens) dieser Registrirthermometer zu verbinden und etwaige Abweichungen an einer besonderen Stelle des meteorologischen Registers anzumerken.

Ausserordentlich wichtig ist die zweckmässige Aufstellung der Thermometer. Dieselbe soll derart erfolgen, dass die Thermometer gegen den Regen und gegen die directen Sonnenstrahlen sowohl, als auch gegen die von Wänden, nacktem Boden etc. reflectirte und strahlende Wärme geschützt sind während zugleich die Luft einen möglichst freien Zutritt zu denselben hat. Man schliesst zu diesem Zwecke auf den festen Stationen die Thermometer in weisse Blechkästchen mit jalousienartig durchbrochenen Wänden ein und bringt sie (auf der nördlichen

---

meter in horizontaler Lage erhalten werden. Das abgelesene Maximum ist um die Länge der Luftblase zwischen Index und Faden zu vermindern. Nach der Ablesung des Maximums ist der Index durch sorgfältiges Stossen gegen eine weiche Unterlage wieder mit dem Quecksilberfaden möglichst zu nähren, was natürlich nur bei einer Temperatur geschehen darf, welche niedriger ist, als das voraussichtliche Maximum. Die Behandlung dieses Maximum-Thermometers ist etwas umständlich und erfordert grosse Aufmerksamkeit. Es functionirt aber dann sehr sicher und ist deshalb Geübten zu empfehlen.

Hemisphäre) auf der Nordseite von Gebäuden wenigstens $\frac{1}{2}$ m von der Wand, oder ganz im Freien mindestens $1\frac{1}{2}$ m über einem rasenbedeckten Boden an. Hat man (wie das im Sommer hoher Breiten der Fall ist) keinen allzeit schattigen Ort zur Verfügung, so schliesst man die Thermometer in zwei solche Gehäuse ein (äusseres von Holz, inneres von Blech, besser noch beide von Blech) mit luftigem Zwischenraum. Man muss aber dann mit besonderer Aufmerksamkeit dafür Sorge tragen, dass die Luft recht frei circuliren kann und dass die von der Sonne erhitzten Aussenwände die Temperatur im Innern möglichst wenig influenziren. Eine ähnliche Beschirmung dürfte auch auf Schiffen sich empfehlen. Auf Landreisen wird es in der Regel schwer fallen, voluminöse Thermometerbeschirmungen mit sich zu führen, obgleich die kleinen Blechschirme für ein Thermometer, wie sie an den secundären Stationen in Oesterreich im Gebrauche sind (mit innen festgeklemmtem Thermometer), oder wie sie Köppen angegeben hat, auch auf Reisen nicht ungeeignet sein möchten. In den meisten Fällen muss es aber dem Reisenden überlassen bleiben einen schattigen luftigen Ort aufzufinden, wo das Thermometer möglichst richtige Lufttemperatur angeben kann. Störende Einflüsse sind bei den Aufzeichnungen kurz zu vermerken. In baumlosen Ebenen, Wüsten, dann auf Berggipfeln etc. ist es oft beinahe unmöglich, eine Schattentemperatur anzugeben; die Temperatur unter Zelten und Schirmen (welche die Wärmestrahlung des Bodens oft geradezu concentriren) entfernt sich meist sehr weit von der Lufttemperatur. In solchen Fällen ist jedenfalls ein zuerst von Arago im Jahre 1830 empfohlenes Verfahren anzurathen, welches darin besteht, ein kleines, auf der Röhre getheiltes, an einer Schnur befestigtes Thermometer im Kreise herumzuschwingen, bis dessen Stand stationär geworden ist. Man erhält dadurch selbst im vollen Sonnenschein genähert richtige Lufttemperaturen (Thermomètre fronde, Schleuderthermometer). Diese Methode zur Bestimmung der Lufttemperatur wird überall dort zu empfehlen sein, wo sich eine schattige, von Wärmestrahlung freie Aufstellung der Thermometer nicht bewerkstelligen lässt. Seitdem Rung in Kopenhagen eine bequeme Vorrichtung eingeführt hat, welche die rasche Bewegung dieser Thermometer in der Luft sicher auszuführen gestattet und die gleichzeitige Benutzung zweier

Thermometer (als Psychrometer) ermöglicht, haben die sogen. Schleuderthermometer für den Reisenden eine noch grössere Wichtigkeit erlangt.*) Dieselben können auch mit grossem Nutzen zur Prüfung einer zweckmässigen Thermometer-Aufstellung verwendet werden. Benutzt man sie im Schatten gegen Insolation und Ausstrahlung thunlichst geschützt, so erfährt man, ob die fixen Thermometer in der Beschirmung am Nachmittag bei Sonnenschein oder zur kältesten Tagesstunde nicht etwa merklich zu hohe Temperaturen angeben, oder ob nicht die Luftfeuchtigkeit der mangelnden Luftcirculation wegen in der Beschirmung zu hoch gefunden wird. Eine absolut richtige Lufttemperatur wird man allerdings auch mit den Schleuderthermometern nicht erhalten, aber die gröberen, besonders störenden Fehler der Aufstellung der fixen Thermometer wird man zu erkennen vermögen.

Beobachtungszeiten. Es ist wichtig, dass die Temperaturen mehrmals im Laufe des Tages abgelesen werden und zwar zu Terminen, welche gestatten, ein Mittel zu nehmen, welches einem wahren aus 24stündigen Aufzeichnungen entnommenen Mittel möglichst nahe kommt und die zugleich wenigstens eine genäherte Kenntniss von der höchsten und tiefsten Temperatur des Tages verschaffen. Dies ist besonders wichtig, wenn kein Max.-Min.-Thermometer in Verwendung kommt. Als solche Termine empfehlen sich:

7^h	2^h	9^h	9^h	Vm.	9^h	Ab.	Max.	Min.
7^h	2^h	10^h	10^h	„	10^h	„	„	„
6_h	2^h	10^h	11^h	„	11^h	„	„	„

Dreimalige Beobachtungen täglich, namentlich um 7^h, 2^h, 9^h sind jedenfalls vorzuziehen. Wollte man gleichzeitig auch durch Barometer-Ablesungen die Grösse der täglichen Oscillation des Barometers genähert kennen lernen, so müsste man noch die Beobachtungstermine 9^h oder 10^h am und 3^h oder 4^h pm. einschalten. Für alle übrigen meteorologischen Elemente aber sind diese Termine allein durchaus nicht empfehlenswerth. Die Abendbeobachtung um 9^h ist von besonderem Werthe für die Bestimmung der wahren mittleren Luftwärme.

*) Mechaniker Schors in Wien liefert diese Vorrichtung in sehr zweckmässiger und solider Ausführung.



Die Monatmittel der Temperatur, berechnet nach der Formel $\frac{1}{4}(7^h + 2^h + 9^h + 9^h)$, nähern sich unter allen Combinationen von 3 Terminen der wahren mittleren Lufttemperatur am meisten.

Der tägliche Gang der Temperatur ist noch wenig bekannt für Orte unter niedrigen Breiten jenseits des 30. Breitegrades und fern von den Meeresküsten, besonders in trockenen Klimaten. Um den täglichen Gang der Wärme kennen zu lernen, wären zum mindesten Beobachtungen in Intervallen von 2 Stunden von 6^h Morgens bis 12^h Nachts erforderlich, noch wünschenswerther ist natürlich die Fortsetzung der Beobachtungen auch in den Nachtstunden. Sogenannte stündliche Termin-Beobachtungen einmal in jedem Monat (wie sie in älteren englischen Instructionen vorgeschrieben), genügen nicht, oder führen erst nach einer längeren Reihe von Jahren zum gewünschten Ziele. Derartige Beobachtungen müssen sich über den ganzen Monat oder doch einem grösseren Theil desselben erstrecken. Stündliche Beobachtungen bloss während der Tagesstunden anzustellen, lohnt nicht die Mühe, es wäre denn, dass bemerkenswerthe periodische Erscheinungen in der Bewölkung, im Windwechsel etc. dazu auffordern. Die so leicht transportablen und billigen Thermographen von Richard in Paris sind Reisenden sehr zu empfehlen.

Lenz glaubte aus den Beobachtungen von Schrenck gefunden zu haben, dass auf offenem Meere innerhalb der Tropenzone das Wärmemaximum schon vor Mittag (um $11\frac{1}{2}$ bis $11\frac{3}{4}$) eintritt. Diese Erscheinung würde verdienen, aufs Neue geprüft und untersucht zu werden.

Auch die Bestimmung des Eintrittes des täglichen Wärmemaximums auf hohen freien Berggipfeln, und die tägliche Wärmeschwankung daselbst, verglichen mit gleichzeitigen Beobachtungen an einem Orte am Fuss des Berges muss empfohlen werden. Es lohnen sich auch blos mehrtägige derartige Beobachtungen während heiteren ruhigen Sommerwetters. Von allgemeineren Beobachtungen über Wärmeverhältnisse eines Ortes führen wir an: Angabe des Eintretens des ersten und letzten Frostes im Winter, der Frosttage überhaupt, der Dauer der Schneedecke, einer geschlossenen Eisdecke auf Flüssen, Seen, Meerbusen, sowie deren Aufgang; Datum des ersten und letzten Reifes, des ersten und letzten Schneefalls, Höhe der Schneegrenze im Gebirge etc.

(b) Insolation und Radiation. Die Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung in absolutem Maasse kann natürlich nur in besonderen ausnahmsweisen Fällen Aufgabe eines Reisenden sein. Dann aber dürfte immer noch das Pyrheliometer von Pouillet das am meisten empfehlenswerthe Instrument sein.*)

Zum Zwecke der Bestimmung der Sonnenstrahlung wird das aus dünnem Silberblech bestehende Gefäss mit Wasser nahezu ganz gefüllt,**) die Vorderseite mit Russ geschwärzt und das Instrument so aufgestellt, dass man es leicht dem vollen Sonnenschein aussetzen kann. Sobald es die Lufttemperatur angenommen, stellt man zuerst die berusste Fläche so auf, dass sie nicht von der Sonne beschienen wird, aber ihre Wärme frei gegen den Himmel ausstrahlen kann. Dies geschieht durch etwa 5 Minuten, man liest hierauf die Temperaturänderung (wir bezeichnen sie mit Δt) ab, und setzt nun die berusste Fläche den senkrecht auf sie einfallenden Sonnenstrahlen aus, was man dadurch bewirkt, dass man den Schatten des Gefässes in die Mitte der unten angebrachten Scheibe bringt. Nachdem man die Insolation durch 5 Minuten hat einwirken lassen, liest man die Temperaturerhöhung (ΔT) ab, und setzt nun wieder die berusste Fläche durch 5 Minuten der freien Strahlung gegen den Himmel aus, die nun erfolgende Aenderung heisse $\Delta t'$. Während das Instrument der Sonnenstrahlung ausgesetzt war, hat demungeachtet auch eine Wärmeausstrahlung stattgefunden und der wahrscheinliche Werth derselben wird durch $\frac{\Delta t + \Delta t'}{2}$ gemessen. Die Wirkung der Sonnenstrahlung allein wird daher sein $\Delta T - \left(\frac{\Delta t + \Delta t'}{2}\right)$, wobei Δt und $\Delta t'$ negativ zu nehmen sind, wenn, wie dies meist der Fall sein wird, die Temperatur des von der Sonne abgewendeten Instrumentes sinkt. Diese Beobachtungen werden mehrmals wiederholt und stets die Zeit der Beobachtung mit angegeben, weil diese dazu dienen kann, Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen

*) Für Reisende statt des gewöhnlichen Stativs oder neben demselben mit einer Baumschraube zu versehen.

**) Es ist sehr wichtig darauf zu achten, dass bei jeder Beobachtung gleich viel Wasser in dem Gefässe sich befindet. Die complete Füllung ist wegen der Ausdehnung des Wassers bei der Erwärmung zu vermeiden. Am besten ist es, sich das verwendete Wasser immer abzumessen.

Orten auf dieselbe Sonnenhöhe zu reduciren und dadurch vergleichbar zu machen. Das Beobachtungsschema wäre also z. B.

Zeit		Temp. des Instruments 15°.6 C.	
$9^h\ 0^m$ – 5^m	Schatten	14.8	$\Delta t = -0.8$
$9^h\ 5^m$ – 10^m	Sonne	18.2	$\Delta T = +3.4$
$9^h\ 10^m$ – 15^m	Schatten	17.6	$\Delta t' = -0.6$

u. s. w. Isolation = 3°.4 + 0°.7 = 4°.1 in 5 Minuten, somit 0°.82 in 1 Minute. Kennt man das Gewicht des Wassers im Gefässe = p, das Gewicht des Gefässes selbst = p', das Gewicht des Quecksilbers im Thermometer p'' und deren specifische Wärmen: 1, σ', σ'', so hat man in Wärmeeinheiten: $\Delta T\ (p + p'\ \sigma' + p''\ \sigma'')$ bezogen auf die Oberfläche des Gefässes. Die Grösse in den Klammern (der sogen. Wasserwerth des Instrumentes) ist constant für dasselbe Instrument und muss vorher an einem physikalischen Institut sorgfältig bestimmt werden, wenn man absolute Werthe erhalten will.*)

Beobachtungen mit diesem Instrument wären erwünscht aus hohen Breiten im Winter wie im Sommer, ferner in der Nähe des Aequators in sehr feuchten, wie in sehr trockenen Klimaten, besonders aber in grossen Höhen (z. B. auf den Hochebenen von Tibet oder von Südamerika, im Winter auf hohen Berggipfeln unserer Alpen wie anderer Gebirge). Die Beobachtungen sind an günstigen ganz heiteren windstillen Tagen bei niedrigem wie bei hohem Sonnenstande in gleichen Zeit-Abständen von Mittag thunlichst häufig anzustellen.

Das Pyrheliometer eignet sich zu einzelnen Bestimmungen der Sonnenstrahlung; nicht aber zu fortgesetzten regelmässigen Beobachtungen. Zu solchen Beobachtungen über Insolation an festen Stationen empfehlen sich noch am meisten die englischen Insolationsthermometer mit geschwärzter Kugel im Vacuum.

*) Das Pyrheliometer in seiner verbesserten Form ist beschrieben und die Behandlung desselben am besten angegeben in: Crova: Mesure de l'Intensité calorifique des radiations solaires. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Sect. des Sciences. 2 Abhandlungen, Tome IX und Tome X (1880). Die letztere Abhandlung ist namentlich wichtig für die Benutzung eines bequemen Reise-Instrumentes.

Das Instrument wird horizontal auf Stützen in einiger Höhe über einer Rasendecke angebracht, und die Angabe des Maximum-Index in demselben täglich notirt; nach jeder Ablesung muss natürlich der Stift wieder auf das Ende des Quecksilberfadens zurückgebracht werden. Durch Ferrel wird neuerdings die gleichzeitige Ablesung eines sonst ganz gleichen Thermometers mit blanker Kugel empfohlen (Actinometer Arago-Davy).

Auch Beobachtungen mit diesem Instrument sind sehr wünschenswerth an den oben näher bezeichneten Oertlichkeiten und Zeiten.

Die Wärmeausstrahlung in heiteren Nächten ist ein wichtiger klimatischer Factor und es sind daher Beobachtungen über dieselbe zu empfehlen. Zur Bestimmung derselben dient ein Minimumthermometer, das frei, unbeschützt, auf kleinen Stützen horizontal auf einen kurzen Rasen gelegt wird. Die Differenz zwischen der Angabe des nächtlichen Minimums an diesem Thermometer und der Angabe des unter dem Thermometerschirme befindlichen Minimumthermometers, welches die Lufttemperatur anzeigt, entspricht dem Betrage der nächtlichen Wärmeausstrahlung über dem Grasboden. An pflanzenleeren Orten kann man auf ähnliche Weise die Erkaltung des Bodens selbst bestimmen. Ist der Boden mit Schnee bedeckt, so legt man ein Minimumthermometer unmittelbar auf den Schnee.

In trockenen Wüstenklimaten soll die nächtliche Erkaltung der Erdoberfläche unter die Lufttemperatur (beobachtet in circa 2 Meter Höhe über dem Boden) sehr bedeutend sein. Es liegen aber wenige Messungen derselben vor. Länger fortgesetzte Beobachtungen hierüber wären daher sehr erwünscht.

(c) Bodentemperatur. Regelmässige, in verschiedenen Tiefen angestellte, Beobachtungen über die Bodentemperatur können nur von Hauptobservatorien gefordert werden. Auf Reisen und an vorübergehend etablirten Beobachtungsstationen können jedoch Beobachtungen gemacht werden über die Temperatur der Bodenoberfläche. Die kräftige Erwärmung besonders dunkler Bodenarten über die Lufttemperatur ist ein nicht unwichtiges Element, z. B. für die Pflanzengeographie. Im hohen Norden sowohl, wie auf grossen Berghöhen macht sich die Vegetation dadurch in gewisser Hinsicht von der Luftwärme unabhängig. Die Beobachtung der Temperatur der Bodenoberfläche kann dadurch geschehen, dass man ein Maximum-

thermometer in eine kleine Vertiefung des Bodens legt und es einen Centimeter hoch mit der umgebenden Erde bedeckt. Wichtig ist ferner die Erkaltung der Bodenoberfläche (auch Schneeoberfläche) durch Wärmestrahlung bei Nacht, die durch ein Minimumthermometer bestimmt werden kann.

An Oertlichkeiten, die fernab liegen von meteorologischen Beobachtungsstationen und für welche wenig Aussicht vorhanden ist, dass in nächster Zeit solche errichtet werden mögen, sollten Bestimmungen der Bodentemperatur in grösserer Tiefe vorgenommen werden, um wenigstens zu einer genäherten Kenntniss der mittleren Jahreswärme der betreffenden Gegend zu gelangen. In jener Tiefe, in welcher die jährliche Schwankung der Wärme, wie sie an der Oberfläche statthat, aufhört, ist die Temperatur um einen ziemlich constanten Betrag (1° circa) höher als die mittlere Lufttemperatur an der Oberfläche. Von diesem Niveau constanter Temperatur abwärts nimmt aber die Temperatur wieder zu, ungefähr im Verhältniss von 1° C. auf 30 Meter Tiefe.

Jene Tiefe, in welcher die jährliche Variation der Temperatur unmerklich wird, hängt erstlich ab von der Grösse der jährlichen Wärmeschwankung an der Bodenoberfläche und zweitens von der Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens. Von secundärer Bedeutung sind auch die in den Boden eindringenden meteorischen Wassermengen. Mittlere Verhältnisse vorausgesetzt, kann man für die gemässigte Zone der nördlichen Hemisphäre annehmen, dass in einer Tiefe von 15 Meter die jährliche Variation schon bis auf 0.1° C. vermindert ist. Die Bestimmung der Temperatur in dieser Tiefe genügt deshalb vollkommen für einen genäherten Werth der mittleren Jahreswärme. In polaren continentalen Klimaten (wo jedoch solche Bestimmungen auf manche Schwierigkeiten stossen dürften) müsste man die Beobachtungen in einer grösseren Tiefe anstellen, doch würde auch hier eine Tiefe von 18 Meter genügen; in einem Seeklima dagegen, wo die jährliche Wärmeschwankung auf 10° herabsinkt, würden 13 Meter schon ausreichen. Ebenso findet man unter niedrigeren Breiten die constante Temperatur schon näher an der Oberfläche. Uebrigens haben selbst die Beobachtungen zu Trevandrum, 8° nördl. Br., bei einer jährl. Wärmeschwankung der Lufttemperatur von circa 2.8° C. noch in 3.6 Meter Tiefe eine Variation der Wärme von 0.8° C. ge-

geben, wahrscheinlich unter dem Einfluss der starken Regen. Eine Verminderung auf 0.1° wäre erst in 9—10 Meter Tiefe zu erwarten. Boussingault begnügte sich auf den Andes der Aequatorialregion Südamerikas allerdings mit einer Tiefe von 0.3 Meter zur Bestimmung der mittleren Bodenwärme. Die grosse Anzahl seiner Bestimmungen mag die übrig bleibenden Fehler zum Theil eliminirt haben.

Um nun die Bodentemperatur zu bestimmen, bohre man an einer freien horizontalen Bodenstelle, welche kein Zusickern von Quellwasser besorgen lässt, ein Loch bis zur nöthigen Tiefe, versenke in diese ein unempfindlich gemachtes Thermometer, fülle die Bodenöffnung nicht zu locker wieder mit Erde aus und sorge dafür, dass das Regenwasser und oberflächlich zufliessendes Wasser nicht eindringen kann. Je länger man die Thermometer in den Boden lassen kann, desto besser ist es. Hat man hierzu die Mittel, so ist sehr zu empfehlen, dieses Verfahren an mehreren Stellen in verschiedenen Bodenarten gleichzeitig anzuwenden. Die Thermometer kann man für den Gebrauch ad hoc durch dichte Umhüllung des Thermometergefässes mit schlecht leitenden Substanzen (Wachs, Harz, Wolle, Hanf etc.) möglichst unempfindlich machen; besser jedoch ist es schon derart vorbereitete Thermometer mit sich zu führen. Am meisten dürfte sich empfehlen, das Thermometergefäss in eine zweite dicke Glashülle einzuschmelzen, so dass eine Luftschichte zwischen beiden bleibt. Das ganze Thermometer wird zum Schutz gegen Zerbrechen in eine Metallkapsel eingeschlossen, ähnlich wie die englischen Tiefseethermometer.

Wenn auch der einzelne Reisende selten in der Lage sein wird, Erdbohrer kleinerer Sorte, wie sie zu obigem Zwecke nöthig sind, mitzunehmen, so ist dies doch wissenschaftlichen Expeditionen sehr zu empfehlen. Nur auf diesem Wege wird es möglich sein, von zahlreichen, wenig besuchten und unbewohnten Erdstellen Mitteltemperaturen zu erlangen. Besonders dürften Expeditionen in höhere südliche Breiten keine Gelegenheit versäumen, durch sorgfältige Bestimmung der Bodentemperatur in Tiefen von 12—15 Meter uns in den Besitz zahlreicher genäherter Jahresmittel der Luftwärme jener interessanten Zone zu setzen. Die Bestimmung der Temperatur von tiefen Brunnen, sowie von Quellen lässt

viel weniger verlässlich auf die mittlere Lufttemperatur schliessen, ist aber aus anderen Rücksichten nicht ganz bei Seite zu lassen. Ebenso mag die Temperatur des Flusswassers bestimmt werden. Auch hierzu bedient man sich am besten unempfindlich gemachter Thermometer (z. B. Janssen's Pinselthermometer, thermomètre plongeur de Janssen, von Baudin in Paris), die man genügend lange im Wasser versenkt lässt. Ueber die Bestimmung der Meerestemperatur verweissen wir auf den Abschnitt über Hydrographie.

(2) Luftdruck. Zur Bestimmung des Luftdruckes empfehlen sich für den Reisenden die Reisebarometer von Fuess in Berlin und Kapeller in Wien. In manchen Fällen wird das Mitnehmen eines Quecksilberbarometers aussichtslos sein, obgleich die Reisebarometer von Fuess selbst auf den schwierigsten und weitesten Wegen den Dienst nicht versagen dürften. Man nehme mehrere gute Aneroide zu den regelmässigen täglichen Ablesungen während der Reise selbst mit und vergleiche dieselben bei längerem Aufenthalt an einem Orte mit dem Quecksilberbarometer. Ein paar Thermometer für genaue Siedepunktbestimmungen mit dem zugehörigen Siedeapparat können für den äussersten Nothfall dienen, wenn das Quecksilberbarometer den Reisebeschwerden erlegen ist.

Die Quecksilberbarometer, die Aneroide und namentlich die Siedethermometer sollen vor der Abreise an einem Hauptobservatorium verglichen worden sein und es ist sehr wünschenswerth, dass eine sorgfältige Vergleichung der Barometer an allen Observatorien wiederholt wird, an denen der Reisende vorüber kommt. Auch die Schiffe führen jetzt vielfach Barometer, die in Hamburg oder Kew verglichen worden sind, und deshalb zu weiteren Vergleichungen dienen können. Es sollen zu diesem Zwecke etwa 10 gleichzeitige Beobachtungen an dem Reiseinstrument und dem Instrument des Observatoriums von demselben Beobachter vorgenommen und die Temperatur der attachirten Thermometer mit angegeben werden. Die Ablesungen der Barometer und Thermometer werden im Original (ohne Reduction verschiedener Maasse) in die Tagebücher eingetragen.

Die Ablesung der Quecksilberbarometer geschieht immer in der Art, dass der untere Rand des Nonius auf die Quecksilberkuppe eingestellt wird, so dass er den Meniskus tangirt.

Zu diesem Zwecke wird der Noniusrand von oben herab mit dem Meniskus zur optischen Berührung gebracht. Das Auge muss dabei genau in der Höhe des Meniskus sich befinden, was man dann erreicht hat, wenn der hintere untere Rand des Nonius mit dem vorderen in derselben Ebene erscheint, sich also beide zu decken beginnen. Bei dem Heberbarometer muss die Einstellung auf dieselbe Weise auch am kürzeren Schenkel erfolgen; die Ablesungen an beiden Schenkeln werden in das Beobachtungsjournal eingetragen. Das attachirte Thermometer wird vor der Ablesung des Barometers beobachtet, weil während einer längeren Manipulation an demselben die Temperatur des Thermometers rascher steigt, als die des Quecksilbers im Barometer. Man vermeide, dass die Sonne während oder vor der Beobachtung das Barometer bescheint, ebenso die Nähe eines geheizten Ofens.

Während der Reise überzeugt man sich von der Unversehrtheit des Vacuums im Barometer durch (nicht zu schnelles) Neigen desselben, so dass das Quecksilber an das obere geschlossene Ende der Röhre anschlägt. Ist der Ton hell, metallisch klingend, so ist das Barometer luftleer, ist er dumpf und matt, so ist wahrscheinlich Luft eingedrungen, selbst wenn man noch keine Luftblase bemerkt. Schiffsbarometer mit verengten Röhren geben aber nie einen starken hellen Ton.

Der Transport des Barometers erfolgt in der Art, dass man dasselbe neigt, bis das Quecksilber das Vacuum erfüllt hat, und es dann ganz umkehrt. Die gewöhnliche Stellung des Instruments beim Ablesen, ist die gefährlichste für den Transport in Bezug auf das Eindringen von Luft in das Vacuum.

Die Beobachtungszeiten für den Luftdruck sollen im Allgemeinen dieselben sein, wie für die Temperatur, ausserdem mag man noch zu den Zeiten des täglichen Maximums und Minimums des Luftdruckes beobachten. Das Tagesmittel erhält man in niedrigen Breiten, wo die tägliche Oscillation schon beträchtlich ist (unter 30^0 circa 1,6 mm, unter dem Aequator 2,5) aus zwei Beobachtungen zur Zeit des Hauptmaximums, zwischen 9^h und 10^h VM., und des Hauptminimums um $3-4^h$ NM., oder einer Beobachtung um Mittag.

Liegt die Beobachtungsstation in der Nähe der Küste, so ist es wünschenswerth, dass die Höhe des Barometers über dem

mittleren Niveau des Meeres mit möglichster Genauigkeit ermittelt werde.

Beobachtungen über den täglichen Gang des Luftdruckes sind besonders unter niedrigen Breiten und auf den Continenten, dann auf hohen Berggipfeln wünschenswerth. Ch. Ste. Claire Deville will gefunden haben, dass die tägliche Schwankung des Barometers an der Westküste (auf der pacifischen Seite) des tropischen Amerika mehr als doppelt so gross sei, als auf der östlichen atlantischen Küste. Beobachtungen im Innern Südamerikas und Afrikas haben sehr grosse tägliche Amplituden ergeben, deren Feststellung erwünscht wäre. In Gebirgsthälern findet man gleichfalls sehr grosse tägliche Schwankungen des Luftdruckes.

Um wenigstens die Hauptmaxima und Minima des täglichen Ganges kennen zu lernen, sind Beobachtungen mindestens in zweistündigen Intervallen erforderlich, welche wo möglich mindestens einen Monat hindurch fortgesetzt werden. Da man jetzt die so bequem transportablen und leicht zu bedienenden Barographen von Richard hat, so versäume kein wissenschaftlicher Reisender, welcher mit grösserem Gepäck reist, sich mit einem derartigen Instrument zu versehen.

Wünschenswerth sind ferner Beobachtungen und Angaben über das Verhalten des Barometers vor, während und nach Gewittern, heftigen Regengüssen, während auffallender charakteristischer Winde u. s. w. Wenn sich auch derartige Beziehungen zum Theil später numerisch genauer ableiten lassen, ist es dennoch zu empfehlen, an Ort und Stelle den Erscheinungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen und was als charakteristisch auffällt zu notiren. Es wird hierdurch einer allseitigen Verwerthung des numerischen Beobachtungsmaterials grosser Vorschub geleistet.

(3) Luftfeuchtigkeit. Die zwei Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, die für Reisende wohl allein in Betracht kommen können, sind die Bestimmung des Thaupunktes und die Beobachtung des Temperaturunterschiedes eines trockenen und eines befeuchteten Thermometers. Ein Hygrometer der ersten Gattung ist das Daniell'sche, sowohl in der ursprünglichen als in der von Regnault verbesserten Form, welche neuerlich noch durch Alluard eine zweckmässige

Modification erfahren hat. Dieses Instrument führt zur Bestimmung des Thaupunktes. Der Thaupunkt ist jener Temperaturgrad, bei welchem die in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe das Maximum ihrer Spannkraft erreichen würden. Die Grösse des entsprechenden Dampfdruckes e kann darum aus jeder Tabelle, welche die Maximum-Spannkräfte des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen enthält, entnommen werden. Hat man zugleich die Lufttemperatur abgelesen, und entnimmt aus derselben Tabelle die dieser letzteren Temperatur entsprechende grösste Spannkraft des Dampfes ε, welche also bei gänzlicher Sättigung der Luft mit Wasserdampf beobachtet worden wäre, so nennt man das Verhältniss e/ε die relative Feuchtigkeit. — In die Beobachtungstabellen sind mindestens die beobachtete Temperatur des Thaupunktes und die gleichzeitige Lufttemperatur einzutragen. Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mit dem Thaupunkt-Hygrometer erfordert jedesmal einen eigenen Versuch. Nur wenige Reisende werden sich darum entschliessen, damit regelmässig zu beobachten. Wissenschaftlichen Expeditionen sind aber wenigstens zeitweilige vergleichende Beobachtungen an diesem Instrument dringend zu empfehlen.

Bequemer und einfacher, aber weniger fehlerfrei, ist die Feuchtigkeitsbestimmung mit dem August'schen Psychrometer, d. i. die Beobachtung der Temperatur an einem befeuchteten und an einem trockenen Thermometer. Diese beiden Thermometer sollen, wenn beide trocken sind, vollkommen übereinstimmen, und zum Zwecke der Feuchtigkeitsbestimmung neben einander angebracht sein. Man beziehe die Psychrometer nur von bewährten Werkstätten, und lasse beide Thermometer vor dem Gebrauch einer sorgfältigen Vergleichung unterziehen. Zerbricht eines der Thermometer, so ersetze man es nicht durch ein beliebiges anderes, sondern überzeuge sich vorher, ob das neue Thermometer mit dem alten wenigstens bei einigen ziemlich verschiedenen Temperaturgraden genau übereinstimmt; beobachtet man dabei Differenzen in deren Angaben, so sollen dieselben im Beobachtungsjournale vermerkt werden. Die Vergleichungen werden in einer grösseren Menge Wasser vorgenommen, welches beständig gemischt wird, und in welches beide Thermometer bis zur selben Tiefe eingetaucht sind. Die Beobachtungsfehler und jene Fehler, die aus der

nie gleichmässigen Temperatur des Wassers hervorgehen, macht man unschädlich durch Wiederholung der Beobachtung bei nahezu gleichen Temperaturen.

Die Kugel des „nassen Thermometers" wird mit dünnem Baumwollzeug, Mousselin, überzogen und einige Zeit vor der Beobachtung befeuchtet. Man achte sorgfältig darauf, nicht früher die Temperatur abzulesen, bis die Abkühlung oder Erwärmung durch das aufgetropfte Wasser keinen Einfluss mehr haben kann. Wenn die Hülle durch Staub und Schmutz verunreinigt worden, muss sie durch eine neue ersetzt werden.

Die Beobachtung an dem Psychrometer erfolge an einem, vor Sonnenstrahlung und Wärmereflexen geschützten, freien Orte, nicht in Zimmern, Zelten, zwischen Fenstern u. s. w.; im Allgemeinen unter denselben Verhältnissen, die für die Bestimmung der Lufttemperatur schon empfohlen worden sind. Die Luft um die Thermometer soll nicht stagniren und völlig ruhig sein, sondern es soll ein mässiger Luftwechsel stattfinden.

In das Beobachtungsjournal trage man die Ablesung am trockenen wie am nassen Thermometer ein. Zur Bestimmung des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit aus diesen Ablesungen existiren Tabellen, welche beide Werthe ohne jede weitere Rechnung entnehmen lassen (Jelineks Psychrometer-Tafeln für das hunderttheilige Thermometer). Die Richtigkeit der auf diesem Wege erhaltenen Feuchtigkeitsbestimmungen hängt in erster Linie ab von der genauen Uebereinstimmung der beiden Thermometer und einer günstigen Aufstellung derselben, vorzüglich aber auch von einem mässigen Luftwechsel. Um den Gefrierpunkt herum werden die Bestimmungen unsicher. Die Formel, nach welcher aus der Psychrometerdifferenz Dampfdruck und Feuchtigkeit abgeleitet werden, ist bisher bei hoher Temperatur und Trockenheit der Luft wenig geprüft, desgleichen bei niedrigem Luftdruck auf grossen Höhen. Es ist daher sehr wünschenswerth, dass auf Expeditionen in solchen Ländern, wo grosse Trockenheitsgrade vorkommen, ebenso auch auf grossen Höhen, öftere gleichzeitige Beobachtungen mit dem Psychrometer und mit Regnaults Hygrometer ausgeführt werden, besonders während grosser Trockenheit der Luft, sei es bei niedriger oder hoher Wärme. Selbst kurze, aber sorgfältig durchgeführte Reihen solcher Beobachtungen würden für die Wissenschaft sehr werthvoll sein.

Beobachtungen an Haarhygrometern haben nur dann einen Werth, wenn letztere *sehr häufig* durch Vergleichungen mit dem Psychrometer oder dem Regnault'schen Hygrometer controllirt werden. Die empfehlenswertheste Form derselben ist das *Kopp*'sche Haarhygrometer (bei *Goldschmidt*'s Nachfolger in Zürich). *Richard* in Paris liefert registrirende Hygrometer, die, bei gleichzeitigen Psychrometerbeobachtungen zu drei fixen Terminen täglich, sehr empfehlenswerth sind.

Will man den mittlern Feuchtigkeitsgehalt der Luft kennenlernen, so genügt es nicht, bloss einmal am Tage, oder zu unregelmässigen Zeiten, zu beobachten. Die Beobachtungen erfolgen am besten täglich mehrmals und zwar zugleich mit jenen der Lufttemperatur.

Es mangeln bis jetzt noch sorgfältige längere Beobachtungsreihen über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft auf Berggipfeln, und ebenso über die im Winter in den höhern Schichten der Atmosphäre eintretende grosse Trockenheit. Wir besitzen ferner überhaupt wenige zuverlässige Beobachtungen über die Luftfeuchtigkeit in dem Innern der Festländer. Der Zusammenhang zwischen Aenderungen der Feuchtigkeit mit der Windrichtung verdient Beachtung. Selbst über dem Meere kann die Luft ziemlich trocken sein. *Lenz* hat an den Beobachtungen von *Schrenck* gezeigt, dass an der Westküste von Südamerika, speciell von Peru, die relative Feuchtigkeit sehr vermindert ist. Zwischen 10—1° Südbreite geben die Beobachtungen von Schrenck in einiger Entfernung von der Küste zwischen 96 und 109° Länge eine relative Feuchtigkeit von nur 23—36 %, erst in 123° Länge stieg dieselbe wieder auf die normale Höhe von 78 % (Bull. der Petersburger Akad. IV. 1861.) Eine Prüfung dieser Erscheinung ist wünschenswerth.

(4) *Bewölkung.* Der Grad der Trübung des Himmels durch condensirten Wasserdampf ist ein wichtiges klimatisches Element. Darum soll der Bewölkungszustand des Himmels zugleich mit den Ablesungen der meteorologischen Instrumente angegeben werden. Die Bezeichnungen heiter, wolkig, trüb, genügen nicht, man gebe vielmehr an, ein wie grosser Theil des ganzen sichtbaren Himmels von den Wolken eingenommen wird. Nach der jetzt allgemein üblichen Bewölkungsscala bezeichnet man mit 0 ganz heitern, mit 10 vollständig bedeckten Himmel, gleichgültig welcher Art die Wolkendecke ist; die

Grade 1, 2, 3 etc. entsprechen einem bis zu 1, 2, 3 etc. Zehntheilen bedeckten Firmament. Diese Schätzung mag anfänglich schwierig und nicht scharf genug ausführbar scheinen, indess übt sich mit der Zeit der Blick, und da die einzelnen Schätzungen ebenso oft etwas zu gross als zu klein ausfallen werden, können die mittleren Resultate dennoch eine völlig befriedigende Genauigkeit erlangen. Besondere Angaben über bemerkenswerthe Erscheinungen am Wolkenhimmel sind wünschenswerth. Nebel, die auf dem Boden aufliegende Wolke, von welcher der Beobachter selbst umgeben ist, soll immer speciell angemerkt werden, am besten durch ein bestimmtes Zeichen. Bei jeder Beobachtung auch die Wolkenformen anzugeben, mag nur jener Beobachter thun, der den Wolkenformen ein specielles Studium widmet. Die mechanische Ausführung solcher Beobachtungen ist bei der nach jeder Terminologie grossen Unbestimmtheit der Wolkenformen nicht empfehlenswerth. Zur Entscheidung einiger Fragen über die zeitliche und örtliche Vertheilung der beiden am schärfsten charakterisirten Wolkenformen, des Cumulus (als Product des Courant ascendant) und des Cirrus, der Federwolke, empfiehlt es sich zumeist diese beiden Formen regelmässig zu beobachten. Giebt es eine Polargrenze des Cumulus, selbst im Sommer; giebt es eine Aequatorialgrenze des eigentlichen Cirrus? — nicht des cirrusartigen (meist unbeweglichen) Wolkenschleiers (Cirrostratus), in welchen sich schliesslich die Cumulostratuslager der Gewittersheerde auflösen. Am entscheidendsten sind dafür die Beobachtungen am frühen Morgen. Welche Bewegungsrichtung zeigen die langgestreckten Cirrusfäden? Die Angaben des Zuges der Cirruswolken haben einen grossen wissenschaftlichen Werth, und der Reisende sollte nicht versäumen, denselben jederzeit, so oft sich Gelegenheit dazu darbietet, zu beobachten. Man wähle dazu stets Wolken in der Nähe des Zenithes, um grössere Fehler zu vermeiden. In der Tropenzone, namentlich in den Passat-, Monsun- und Calmen-Gebieten sind die Zugrichtungen der unteren wie der oberen Wolken ein wichtiges Object für den Beobachter. Zum Behufe einer bequemen und sicheren Beobachtung empfehlen sich die Nephoscope von Braun, Linss und Finemann (Mechaniker Schors in Wien liefert letztere).

Bestehen irgendwo längere Zeit oder regelmässig zwei übereinander wehende Luftströmungen, eine untere und eine

obere, von verschiedenen Richtungen, angezeigt durch den Zug der Wolken, so verdient eine solche Erscheinung beobachtet und bemerkt zu werden. Eigenthümliche Trübungen des Himmels, etwa ähnlich unserem Höhenrauch, ferner durch Staub, Rauch u. s. w. verdienen Beachtung, besonders wenn sie periodisch auftreten oder mit gewissen Witterungserscheinungen in regelmässigem Zusammenhang zu stehen scheinen.

(5) Niederschläge. Die Niederschläge des Wasserdampfes aus der Atmosphäre treten auf in der Form von Thau, Reif (gefrornem Thau), Glatteis, Rauchfrost oder Haarfrost, Schnee, Regen, Hagel. Jede dieser Formen ist als solche in dem meteorologischen Journal zu bezeichnen, am einfachsten durch die internationalen Symbole. Regelmässiger starker Thaufall (leider giebt es kein einfaches Mittel die Quantität dieser Niederschläge zu messen), sowie ein Aufhören des Thaufalls zu bestimmten Jahreszeiten, ferner das Datum des letzten Schneefalls, namentlich des letzten Reifes im Frühjahr und des ersten im Herbste, Glatteis als bezeichnendes Phänomen einer rasch wechselnden sehr veränderlichen Winterwitterung, sind charakterische Erscheinungen für gewisse Klimagebiete. Wünschenswerth sind Angaben über die Dauer der Schneedecke, und deren mittleren Tiefe, die aus öfteren Messungen an verschiedenen Stellen, welche keine besonderen Schnee-Anhäufungen und Entblössungen zeigen, erhalten wird. Bis zu welchen Breiten kommt Schneefall in niedrigen Lagen zu beiden Seiten des Aequators vor? Beiträge zur nähern Bestimmung der Aequatorialgrenze des Schneefalls und der winterlichen Schneedecke sind wünschenswerth.

Beim Hagelfall verdient Beachtung: Grösse und Form der Schlossen, die Zeit des Falles, die Erstreckung des Hagelwetters, die Richtung des Zuges desselben, sowie die vorausgehenden und begleitenden Erscheinungen. Giebt es Oertlichkeiten, welche besonders häufig und regelmässig von Hagelschlag betroffen werden, und welche sind deren besondere natürliche Verhältnisse? Wie verhält es sich mit der Häufigkeit des Hagelfalls auf offenem Meere und in den Niederungen der Tropen? Vom Hagel, grössere Körner mit eisiger Umhüllung, sind aber zu unterscheiden die Graupeln, kleinere Körner aus zusammengebackenen Schneeflocken, kleinen Schneeballen ähnlich sehend, denen die glatte eisige Rinde fehlt.

Die als Schnee, Graupeln, Hagel oder Regen fallenden Niederschläge werden ihrer Intensität nach gemessen mittelst des Regenmessers. Casella in London, Fuess in Berlin liefern speciell für Reisende bequeme Formen derselben. Die Regenmenge wird angegeben durch die Höhe der Wasserschichte, mit welcher der gefallene Regen oder der geschmolzene Schnee (Graupel, Hagel) den Boden bedecken würden, wenn nichts verdunsten oder abfliessen könnte.

Die Maassröhren geben meist unmittelbar diese Höhe. Hat man den Regenmesser nicht von einer bekannten Firma bezogen, oder sich denselben selbst construirt, so soll die Grösse der Oberfläche des den Regen aufsammelnden Gefässes und dessen Form, so wie die Methode der Messung speciell angegeben werden. Der Regenmesser ist auf dem flachen Erdboden aufzustellen, so dass der Regen von allen Seiten, auch wenn er vom Winde getrieben in schiefer Richtung niederfällt frei in das Sammelgefäss gelangen kann. Es ist zu rathen, die Höhe des Niederschlags jedesmal gleich nach dem Aufhören des Regens zu messen.

Die Zahl der Monatstage, an welchen ein messbarer Niederschlag überhaupt, gleichgültig von welcher Form, stattgefunden hat, gelten als Tage mit Niederschlag, überdies mag daneben die Zahl der Tage, an welchen Schnee oder Hagel gefallen ist, angegeben werden.

Wenn sich an gewissen Oertlichkeiten besondere Unterschiede des Regenfalls auf kleine Entfernungen hin bemerklich machen, sowie wenn die eine Seite eines Gebirgszuges reichlichen Regen, die andere gleichzeitig Trockenheit hat, so verdient dies eine Mittheilung mit Angabe der speciellern Verhältnisse.

Meist mit den Niederschlägen zugleich treten die elektrischen Entladungserscheinungen auf, die, wenn der Blitz mit hörbarem Donner verbunden ist, als Gewitter, wenn nur Blitze oder Blitzschein wahrgenommen wird, als Wetterleuchten zu bezeichnen sind. Natürlich ist dies nur eine Unterscheidung zum Zwecke unmittelbarer Vergleichbarkeit aller meteorologischen Tagebücher; ein aufmerksamer Beobachter kann bei diesen noch wenig aufgeklärten Erscheinungen durch Mittheilung interessanter Detailbeobachtungen der Theorie vielleicht manchen werthvollen Fingerzeig geben: Formen der Blitze,

von den Wolken nach aufwärts in die Luft gehende Blitze, leuchtende Wolken etc. Besondere Beachtung verdienen die räthselhaften sogenannten Kugelblitze, Blitze in Form von Feuerbällen, die sich auffallend langsam bewegen sollen. Doch ist hier die Gefahr einer Täuschung, z. B. durch Nachbilder u. s. w. sehr gross und darum strenge Selbstkritik und nackte Darstellung des Sachverhalts zu empfehlen.

Bei den Gewittern ist ebenfalls Angabe der Zeit des Auftretens, Dauer, Richtung und aller bemerkenswerther Umstände wünschenswerth. Um die Häufigkeit der Gewitter an verschiedenen Orten vergleichen zu können, ist die Angabe der Zahl der Tage mit Gewittern am meisten zu empfehlen. Die Häufigkeit der Gewitter auf offenem Meere soll viel geringer sein, als über einer benachbarten, wenn auch flachen Küste.

Das ruhige Ausströmen der Elektricität mit Lichterscheinung aus Mastspitzen, Kirchthürmen, Bäumen u. s. w. (Elmsfeuer), Blitze ohne Donner im oder nahe dem Zenith, Blitzschläge, die besondere merkwürdige Wirkungen hinterlassen haben, starke elektrische Spannnung der Luft, die sich zuweilen durch knisternde Funken an geriebenen Wollstoffen u. s. w. unmittelbar zu erkennen giebt, diese und noch manche andere bemerkenswerthe elektrische Erscheinungen verdienen ebenfalls einen Platz in den meteorologischen Aufzeichnungen. Der Reisende in die Tropen richte seine Aufmerksamkeit auch auf zündende oder tödtende Blitzschläge, die daselbst relativ seltener zu sein scheinen. Merkwürdig ist die Gewitterarmuth einiger regenreicher Tropengegenden. Die Constatirung solcher Localitäten, sowie der Form und der Umstände, unter welchen an denselben die Niederschläge eintreten, verdient alle Beachtung.

(6) Winde. Die Winde sind nach ihrer Richtung und Stärke zu notiren. Letztere kann gemessen oder nur geschätzt werden. Zur Messung der momentanen Windstärke zur Zeit der Beobachtung kann man sich am besten eines Anemometers nach Robinson kleinerer Gattung (wie sie Hermann in Bern, Fuess in Berlin liefern) bedienen, vorausgesetzt, dass der Beobachtungsort so frei liegt, dass man annehmen darf, die richtige Windgeschwindigkeit zu erhalten. Man bestimmt mittelst des am Apparate angebrachten Zählwerkes die Zahl der Umdrehungen für etwa 5 Minuten. Daraus ergiebt sich auch deren Zahl für eine Secunde. Die Relation zwischen der Zahl der Umdrehungen

per Secunde und der entsprechenden Windgeschwindigkeit soll vorher oder nachher an einem Observatorium ermittelt werden, und ist im Beobachtungsjournal zu notiren.

Bei Schätzung der Windstärke bedient man sich auf dem Lande am besten der 10theiligen Scala, nach welcher 1 einen eben spürbaren leichten Windzug, 10 einen Orkan bedeutet. Die Abstufungen 2, 3, 4 entsprechen mässigen; 5, 6, 7 starken; 8, 9 stürmischen Winden. Zur See ist die 12theilige Beaufortsche Scala üblich.

Für meteorologische Zwecke genügt es vollständig die Windrichtung nach 16 Punkten der Windrose anzugeben, ja selbst die 8 Hauptrichtungen reichen im bergigen coupirten Terrain vollkommen aus. Wenn die Bezeichnung der Himmelsgegenden nach dem Compass orientirt sein sollte, so muss dies ausdrücklich bemerkt werden.

Auf Reisen zur See in die Aequatorialgegenden verdient besondere Beachtung der Eintritt in die Passatregion sowie der Austritt aus derselben, ebenso Beobachtungen über die Breite der Zone mit schwachen und veränderlichen Winden zwischen den beiden Passatgürteln. Auf den Continenten ist die Abgrenzung der Passatregionen noch viel weniger bekannt, als auf den Oceanen, sie ist auch viel unregelmässiger und deshalb schwieriger zu bestimmen. Wenn Reisende nicht selbst durch längeren Aufenthalb innerhalb oder an der Grenze der Passatregionen Gelegenheit haben, regelmässige Beobachtungen über diese Winde anzustellen, so können zuweilen auch Erkundigungen bei den Eingeborenen über die Zeit der constanten Winde und die Richtung derselben förderlich sein. Ebenso sollten Erkundigungen eingezogen werden, aus welcher Himmelsgegend die Regen kommen, ferner über die durchschnittliche Dauer der Regenzeit und die Regelmässigkeit, mit welcher sie eintritt. Da die Eingeborenen mit ihren Ernten und vielen Einrichtungen ihres öffentlichen und häuslichen Lebens von diesen meteorologischen Verhältnissen abhängig sind, so dürfte es nicht so schwierig sein, brauchbare Mittheilungen darüber zu erlangen.

Zur Bestimmung der constanten Windrichtungen in den höhern Regionen empfiehlt Mühry die Rauchsäulen der hohen Vulcane. Es ist die Richtung, nach welcher die Rauchwolken ziehen, regelmässig zu beobachten.

In den gemässigten und höheren Breiten verdient die Bestimmung der Richtung, in welcher die Drehung der Windfahne vorwiegend erfolgt, ob im Sinne des scheinbaren täglichen Laufes der Sonne oder gegen denselben, Beachtung.*) In welcher Beziehung stehen die Aenderungen der Temperatur, der Feuchtigkeit, Bewölkung etc. mit der Winddrehung. Wie verhalten sich die Niederschläge dazu? Mit welchen Windrichtungen beginnen die Stürme, mit welchen hören sie auf? Wie verhält sich gleichzeitig das Barometer?

Ueber Winde von besonders hoher Temperatur und Trockenheit sind specielle Beobachtungen zu empfehlen. Die heissen trockenen Winde zerfallen in zwei Klassen:

1. Wüstenwinde, d. h. Winde, die aus pflanzenleeren stark erhitzten Ebenen kommen, und darum heiss und trocken und meist staubführend sind, wie der Chamsin in Aegypten, der Samum in Mesopotamien, der Solano in Spanien, der trockene Scirocco auf Sizilien und in Unteritalien, der Harmattan in Senegambien, Leste auf Madeira, die Nordwinde in Victoria und Süd-Australien u. s. w.

2. Heise trockene Gebirgswinde, in den Alpen Föhn genannt. Diese kommen trocken und heiss von dem Kamm der Gebirge herab, selbst wenn dieser schneebedeckt und vergletschert ist. Die Temperatur ist am höchsten in den Thälern, die dem Kamm des Gebirges am nächsten liegen, sie wird niedriger gegen das Flachland hinaus. Auch die Höhen des Gebirges selbst sind minder auffallend warm, und noch mehr gilt dies von den jenseitigen Hängen des Gebirges, welche meist zugleich starke Regen haben. Diese Winde treten meist stürmisch auf. Wir kennen noch nicht genau alle Umstände, durch welche die Föhnerscheinungen erzeugt werden. Durch Erfahrungen, wo überall in Gebirgsländern derartige heisse trockene Winde, die vom Kamm des Gebirges herabwehen, sich finden, könnte ihre Theorie weiter ausgebildet werden. Die Trockenheit sollte mit dem Hygrometer gemessen und wenn irgend möglich Erkundigungen über die gleichzeitige Witterung an den jenseitigen Gebirgshängen eingezogen werden.

Wenn durch Stürme Staubmassen herbeigeführt werden, die deutlich auf eine ferne Ursprungsstätte hinweisen, oder

*) Zuverlässiger ist die Angabe nach der Bewegung der Zeiger der Uhr: ob „mit“ oder „gegen“ die Zeiger drehend. N.

der Regen und besonders der Schnee durch Beimengungen gefärbt erscheint, ist es wünschenswerth, nicht zu geringe Proben davon aufzusammeln und mit Etiketten versehen aufzubewahren. Zeigt der frisch gefallene Schnee fremde Beimengungen, so soll sogleich, am besten noch während des Schneefalls, eine grössere Menge desselben in vorher möglichst gereinigten Gefässen aufgesammelt, geschmolzen und das Wasser durch reines Filtrirpapier geseiht werden. Die auf dem Filter bleibenden Rückstände sind bei gewöhnlicher Temperatur auf dem Filter selbst vor Staub geschützt zu trocknen und aufzubewahren.

Von Wirbelwinden, welche Wasser oder Staub aufheben, sogen. Tromben, besonders wenn sie in grösserer Heftigkeit mit zerstörenden Wirkungen auftreten, sind möglichst sorgfältige Beschreibungen und Zeichnungen des Verlaufes der Erscheinung zu liefern und über die vorhergehende und nachfolgende Witterung zu berichten, namentlich über vorausgehende Windstille, hohe Temperatur, begleitenden Hagelfall, electrische Erscheinungen u. s. w.

Von Interesse ist ferner eine ausgesprochene tägliche Periode der Windrichtung und der Windstärke an irgend einem Orte, namentlich, wenn sie einen deutlichen Einfluss auf den Gang der übrigen meteorologischen Elemente hat. Auf die Wichtigkeit der Feststellung einer bestimmten jährlichen Periodicität der Windrichtung und der damit zusammenhängenden periodischen Witterungserscheinungen haben wir schon früher aufmerksam gemacht. Sie kann auch ausserhalb der Tropenzone angetroffen werden.

Von besonderem theoretischen wie praktischen Interesse sind die Beobachtungen bei Stürmen. Während derselben sollten die meteorologischen Beobachtungen in kleineren Intervallen angestellt werden, speciell über die Aenderungen des Luftdruckes und die Aenderung der Windrichtung; ferner über das Aussehen des Himmels, die Bewegung der höhern Wolken, ob sie mit der Richtung des unten herrschenden Windes übereinstimmt oder nicht. Bei längerem Aufenthalt an einer Station können über folgende wichtige Punkte Erfahrungen gesammelt werden: Aus welcher Richtung kommen die meisten Stürme, welche Winde, welche Witterungserscheinungen gehen ihnen voraus, welche folgen ihnen; springt der Wind während oder nach dem Sturme in die frühere Richtung zurück oder durchläuft er die Windrose und in welcher Richtung? Können Nach-

richten gesammelt und Erkundigungen eingezogen werden über die Zeit des Eintretens, die Richtung u. s. w. des Sturmes an anderen Orten, so ist dies nicht zu verabsäumen, da hiedurch werthvolle Daten geliefert werden. Man möge die Mühe nicht scheuen, aus Localblättern, an Küstenplätzen von einlaufenden Schiffen, alle auf Stürme bezüglichen Angaben zu sammeln. Werden solche Sammlungen consequent fortgesetzt, so bilden sie für die Theorie der Stürme ein sehr werthvolles Material und kommen in Hafenplätzen nicht minder unmittelbar der Praxis zu Gute, vorzüglich in meteorologisch noch weniger bekannten Ländern. Solche Beobachtungen und Sammlungen sind auch dann verwerthbar, wenn keine Instrumente zur Verfügung stehen, wenn nur sorgfältige Angaben über Windrichtung, geschätzte Stärke des Windes und begleitende Witterungserscheinungen beigebracht werden können.

Zum Schlusse dieses Abschnittes mögen noch folgende beachtenswerthe allgemeine Regeln zusammengestellt werden:

1. Man verwende zu den meteorologischen Beobachtungen nur geprüfte Instrumente von renommirten Werkstätten.

2. Man notire die an einer meteorologischen Centralstelle gefundenen Correctionen der Instrumente in dem Beobachtungsjournal, trage aber stets nur die uncorrigirten Ablesungen in dasselbe ein. Hat man mehrere Instrumente gleicher Art, so sollen dieselben dauerhaft nummerirt werden, wenn dies nicht schon der Fall ist, und die Nummer des verwendeten Instrumentes ist im Beobachtungsjournale anzumerken, ebenso jeder Wechsel der Instrumente.

3. Man bleibe bei den einmal gewählten Beobachtungsterminen und halte dieselben strenge ein. Ein Wechsel der Beobachtungszeiten erschwert die Benutzung der meteorologischen Aufzeichnungen, die Ableitung von brauchbaren allgemeinen Resultaten aus denselben in hohem Grade. Es ist viel besser drei fixe Termine täglich einzuhalten, als häufige Ablesungen, aber zu wechselnden Tageszeiten zu machen.

4. Man lege sich ein dem Umfange der beabsichtigten meteorologischen Aufzeichnungen entsprechendes Beobachtungsjournal an. Am besten eignen sich wohl dazu Notizbücher in Taschenformat mit in Columnen abgetheilten (rastrirten) Blättern. Man versehe die Köpfe der Columnen im Voraus mit den entsprechenden Ueberschriften, um bei den Beobachtungen nichts zu vergessen.

5. Von jenen Stationen, an welchen man längerer Zeit verweilt und an denen daher längere Beobachtungsreihen angestellt werden können, liefere man eine ausführlichere Beschreibung, in Bezug auf Lage, Umgebung und besonders über die Art der Aufstellung der Instrumente etc.

Beobachtungen ohne Instrumente. Es ist schon aus den vorhergehenden ersichtlich, welche meteorologischen Erscheinungen auch ohne Instrumente mit Nutzen beobachtet und aufgezeichnet werden können. Möge sich niemand von der Anstellung derartiger Beobachtungen abschrecken lassen durch den Gedanken, nicht etwas vollständiges liefern zu können. Regelmässig fortgesetzte Beobachtungen über Bewölkung und Richtung des Wolkenzuges, über Windrichtung und Stärke, über die Niederschläge nach Häufigkeit und Dauer, über Gewitter, Hagel, über Höhe und Dauer der Schneedecke, ersten und letzten Schneefall, sowie über ersten und letzten Frost und Reif sind sehr werthvoll für die Klimatologie, besonders in wenig bekannten Ländern.

II. Erkundigungen bei Reisen in Ländern, deren klimatische Verhältnisse sehr wenig bekannt sind.

Der Reisende kann den Mangel eigener eine ganze Jahresperiode umfassenden meteorologischen Beobachtungen dadurch zum Theil ersetzen, dass er bei vertrauenswerthen geeigneten Persönlichkeiten möglichst umfassende Erkundigungen über die klimatischen Verhältnisse der durchreisten Länder einzieht. Von Missionaren z. B. dürften in den meisten Fällen werthvolle Nachrichten darüber zu erhalten sein. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Feststellung der Regen- und Trockenzeiten, das Vorhandensein oder Fehlen perodischer Winde, die Jahreszeiten des Wechsels der letzteren. die Himmelsrichtung, aus welcher zumeist die Regen heraufziehen, Richtung und Charakter der Stürme etc. Auch besondere ausserordentliche meteorologische Erscheinungen, von denen berichtet wird, verdienen notirt zu werden. Der Charakter der Jahreszeiten findet einen besonders plastischen Ausdruck in den periodischen Erscheinungen der Vegetation. Darüber wird man nun leicht das wesentlichste in Erfahrung bringen können. Die Zeiten der

Feldbestellung, der Aussaat, Blüthe und Reife der wichtigsten Nährpflanzen geben werthvolle Aufschlüsse über den jährlichen Gang der Witterung im Allgemeinen. Die Thatsache, dass gewisse Früchte überhaupt in dem Lande reifen (und wann), andere aber nicht mehr, gestattet einen beiläufigen Schluss auf die durchschnittliche Sommerwärme und ersetzt einigermassen die fehlenden Messungen derselben. Kommen Reife und Fröste vor, welche Lagen und Oertlichkeiten sind derselben besonders ausgesetzt, kommt gelegentlich Schneefall vor etc.? Im vorausgegangenen Abschnitt sind weitere derartige Fragen schon aufgestellt worden, welche auch durch Erkundigungen gelegentlich eine Beantwortung finden können.

III. Anregung zu meteorologischen Beobachtungen.

Der Reisende, der selten im Stande sein wird, eine mindestens einjährige Beobachtungsreihe an einem Orte durchzuführen, wird oft in anderer Weise diesem Mangel abzuhelfen im Stande sein. Ueber alle Erdtheile zerstreut, selbst auf den entlegensten Inseln der Südsee, leben Europäer und besonders Deutsche. Darunter finden sich sicherlich eine nicht geringe Zahl von intelligenten Männern, welche Interesse für die Wissenschaft haben und nicht wenige mögen darunter sein, deren Beschäftiung und Lebensweise für Beobachtungen an einem und demselben Orte gerade sehr passend ist. In der gesellschaftlichen Isolirung und der daraus hervorgehenden geistigen Monotonie, welche das Leben an solchen exponirten Punkten mit sich bringt, dürfte vielen die Gelegenheit sehr erwünscht kommen durch regelmässige Beobachtungen sich zugleich der Wissenschaft nützlich zu erweisen, mit dem civilisirten Leben neue Verbindungen anzuknüpfen und sich dabei zugleich geistig zu beschäftigen. Stets wird die Wissenscnaft dankbar nennen einen Neweroff, jenen einfachen Kaufmann zu Jakutsk, der aus eigenem Interesse ein Vierteljahrhundert hindurch an einer in thermischer Beziehung höchst interessanten Erdstelle meteorologische Aufzeichnungen machte, oder einen Tobiesen, dem wir die ersten Wintertemperaturen aus dem europäischen Eismeere verdanken, und andere mehr. Vielleicht lässt sich mancher unserer fernen Landsleute aneifern, auf ähnliche Weise seinem Namen eine Unsterblichkeit zu sichern.

Wollen wir unser meteorologisches Beobachtungsnetz über die ganze Erde ausdehnen, so sind wir auf die Beihilfe solcher freiwilliger, selbst interessirter Beobachter angewiesen. Der Reisende hat die Gelegenheit, in fremden Ländern mancherlei Leute kennen zu lernen und es wird sein nicht geringes Verdienst sein, die zu Beobachtungen geeigneten Persönlichkeiten ausfindig zu machen und sie dafür zu interessiren. Ist dies gelungen, so ist fürs erste eine Anleitung zu den meteorologischen Beobachtungen nöthig, und es wäre wünschenswerth, dass zugleich Instrumente an solche freiwillige Beobachter abgelassen werden könnten. Wer daher in der Lage ist, einen grösseren Vorrath von geprüften Instrumenten, namentlich von Thermometern mit sich zu nehmen, möge dies ja nicht versäumen. Wenn letzteres nicht möglich ist, so mögen vorläufig jene Beobachtungen begonnen werden, zu denen es keiner Instrumente bedarf, und es muss auf Mittel gesonnen werden, wie letztere beschafft werden können.

Der in Wien im September 1873, und in Rom im April 1879 versammelte internationale Congress der Meteorologen hat auch die Unterstützung meteorologischer Beobachtungen an entlegenen Orten beschlossen und diese und ähnliche Angelegenheiten an ein permanentes Comité übertragen, das gegenwärtig aus den Herren: Brito Capello in Lissabon, Buys Ballot in Utrecht, Hann in Wien, Mascart in Paris, Mohn in Christiania, Neumayer in Hamburg, Tacchini in Rom, Robert H. Scott in London und H. Wild in Petersburg besteht.

An eines der Mitglieder dieses Comité's können derartige Anzeigen und Wünsche gerichtet werden.

IV. Sammeln schon vorhandenen Beobachtungsmateriales.

Der Reisende dürfte zuweilen Gelegenheit haben, von meteorologischen Beobachtungen zu hören, welche von einem Freunde der Wissenschaft vielleicht schon seit längerer Zeit angestellt werden. Sind dieselben nicht schon irgendwo publicirt und ist keine bestimmte Absicht vorhanden, die Resultate in einem Fachblatte zu veröffentlichen, so ist dringend zu wünschen, mit dem Beobachter ein Uebereinkommen zu treffen in Betreff der Ueberlassung des Beobachtungsjournals oder der Resultate (letztere aber möglichst detaillirt, z. B. für Temperatur, Baro-

meter, Feuchtigkeit, die Monatsmittel der einzelnen Beobachtungsstunden für die einzelnen Jahre; die einzelnen Monatsextreme, die Häufigkeit der Winde ebenfalls für die einzelnen Monate und wenigstens für 8 Richtungen etc. siehe oben bei den einzelnen meteorologischen Elementen), sei es im Original oder in Abschrift.

Es existiren ferner viele derartige von Freunden der Meteorologie mit Sorgfalt an interessanten Orten angestellte Beobachtungen, welche den Fachmännern nicht bekannt werden und darum für die Fortbildung der Disciplin auch nicht verwerthet werden können. Von manchen dieser Beobachtungen werden die Resultate in wenig bekannten Localblättern publicirt, und ihr Schicksal ist dasselbe. Es lohnt sich darum sehr wohl der Mühe, in fremden Ländern derartige Publicationen möglichst vollständig zu sammeln, oder die betreffenden Daten zu copiren.

Stets sind aber die sorgfältigsten Nachforschungen wünschenswerth, über den Ort, an dem die Beobachtungen angestellt worden sind, sowie über die verwendeten Instrumente. Wenn möglich, sollen letztere mit den eigenen Instrumenten des Reisenden einer genauen Vergleichung unterzogen werden. Zum mindesten lässt sich vielleicht der Werth des Nullpunkts des benutzten Thermometers und vielleicht noch eines oder des andern Scalentheils an demselben feststellen. Man möge sich die Mühe nicht verdriessen lassen, sich über alle diese Punkte ausführliche Aufzeichnungen zu machen; ohne solche können die besten Beobachtungsreihen oft keine Verwerthung finden. Falls der Reisende nicht selbst Gelegenheit hat derartige Sammlungen bald zu publiciren, erscheint es am gerathensten, sie mit den nöthigen Bemerkungen versehen an die Deutsche Seewarte in Hamburg oder an die kk. Central-Anstalt für Meteorologie in Wien zur Veröffentlichung einzusenden.

Anhang.

A. Renommirte mechanische Werkstätten empfehlenswerth zum Bezug meteorologischer Intrumente für Reisende:

Fuess, Berlin SW., Alte Jacobstrasse 108 (besonders: Reisebarometer, Thermohypsometer, Psychrometer, Schleuderthermometer).
Krille, Leipzig, Schulstrasse (Bogen'sche Reisebarometer, Regenmesser).
Kappeller, H., Wien V., Kettenbrückgasse 9.
Kappeller, L. J. (Wittwe) IV. Freihaus.
Schors, Wien V., Kleine Neugasse 13 (Nephoscop, Rotations-Apparat für Schleuderthermometer).
Friedr. Hermann in Bern. Erlacherhalde. Anemometer für Reisende (Solche ohne Schutzvorrichtung zu bestellen).
Hottinger (Usteri-Reinacher) Zürich, Trittligasse 34/36 (Haarhygrometer, Aneroide, Sonnenscheinautographen).
Baudin, Paris, 330 Rue Saint Jacques. (Thermometer, Thermohypsometer.)
Naudet & Comp. (J. P. Pertuis) Paris, 4 Place Thorigny (Aneroide).
Negretti und Zambra, London, Holborn Viaduct 45 Cornhill.
L. Casella, London, E. C. 147 Holborn bars. (Aneroide für sehr grosse Seehöhen, Thermohypsometer etc.)
Richard Frères, Paris, Rue Fessard, Impasse Fessard 8. Registrirende Barometer, Thermometer, Hygrometer (oder Psychrometer).

B. Meteorologische Tafeln und Lehrbücher zur Einführung in die Meteorologie:

Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen und Sammlung von Hülfstafeln. Neue Auflage von J. Hann, Wien 1884. In Commission bei Engelmann in Leipzig.
C. Jelinek, Psychrometertafeln für das hunderttheilige Thermometer. Wien 1887. In Commission bei Engelmann in Leipzig.
Hann, Handbuch der Klimatologie. Stuttgart. Engelhorn 1883.
Mohn, Populäre Meteorologie. IV. Auflage. Berlin. Reimer. 1887.

Anweisung zur Beobachtung allgemeiner Phänomene am Himmel mit freiem Auge oder mittelst solcher Instrumente, wie sie dem Reisenden zur Verfügung stehen.

Von

E. Weiss.

Es giebt in der Astronomie eine Reihe von Erscheinungen, zu deren erfolgreicher Beobachtung weder kostbare, schwer zu behandelnde Instrumente, noch tiefe mathematische und astronomische Kenntnisse, sondern nur ein gesundes, scharfes Auge und ein gewisses Beobachtungstalent erforderlich sind. Und gerade in dieser Gattung von Beobachtungen kann ein Reisender der Wissenschaft viele und wichtige Dienste leisten, besonders dann, wenn ihn seine Reise in Gegenden führt, welche ein Astronom von Fach nicht so leicht Gelegenheit hat zu betreten, in denen aber das eine oder andere Phänomen in besonderer Einfachheit oder Schönheit auftritt.

Ein allgemeines Erforderniss für alle diesbezüglichen Beobachtungen ist eine übersichtliche Kenntniss der vorzüglichsten Sternbilder und ihrer Hauptsterne. Diese Kenntniss ist übrigens leichter zu erwerben, als man gewöhnlich glaubt, wenn man die schon bekannten Sterne mit einzelnen anderen zu verschieden geformten Drei- und Vierecken verbindet und sodann versucht, diese Figuren auf einer nicht mit allzuviel Detail überladenen Himmelskarte wiederzufinden. (Methode der Alignements.) Hat man auf diese Art die helleren Sterne kennen gelernt, so führt öfterer Gebrauch das Erkennen der schwächeren von selbst herbei, da man stets schon bekannte in der Nähe findet, gegen welche man die Lage jener leicht im Gedächtnisse behalten kann.

Ferner ist es wichtig, das Auge vor öfterem, raschem Lichtwechsel möglichst zu schützen, wenn man seine Empfindlichkeit für schwache Lichteindrücke oder geringe Lichtabstufungen nicht vorzeitig abstumpfen will. Man gewöhne sich daher, seine Wahrnehmungen im Dunklen aufzuschreiben, wobei man das Ineinanderschreiben dadurch verhindern kann, dass man das Blatt Papier nach jeder Zeile umbiegt. Noch besser ist es, das Papier in einen Rahmen von Pappendeckel zu legen, dessen Deckel bis auf einzelne Streifen ausgeschnitten ist, welche die Linien markiren, zwischen die man zu schreiben hat. Sobald jedoch das Auge ermüdet ist oder durch helles Licht geblendet wurde, soll man es vor dem Beginne einer neuen Beobachtung eine Zeit lang ruhen lassen (indem man, wenigstens durch einige Minuten, im Dunklen verweilt), bis es seine Empfindlichkeit wieder gewonnen hat. Ebenso soll während der Beobachtung kein fremdes Licht störend einwirken: denn man kann auch dann, wenn das Auge nicht unmittelbar von dem fremden Lichteindrucke getroffen wird, in der Regel keine zuverlässigen Beobachtungen anstellen. Man vermeide es daher, zwischen hell erleuchteten Häusern zu beobachten, und versäume, wenn es einmal geschehen, ja nie dies anzumerken. Ueberhaupt kann die sorgfältige Notirung aller, eine Beobachtung beeinträchtigenden Umstände nicht genug empfohlen werden, damit man später unsicheren Beobachtungen nicht mehr Zutrauen schenke, als sie verdienen.

Endlich sei noch erwähnt, dass so schätzbar auch eine jede sorgfältige und detaillirte Beschreibung eines einzelnen besonders ausgezeichneten Auftretens irgend eines Phänomenes ist, doch im Allgemeinen eine, längere Zeit hindurch fortgesetzte, consequente Beobachtungsreihe desselben einen bei weitem grösseren Werth besitzt.

Ehe wir nach diesen einleitenden Worten zur Besprechung der wichtigeren hierher gehörigen Erscheinungen übergehen, sei noch die Bemerkung vorausgeschickt, dass der Kreis von Beobachtungen, deren Ausführung dem Reisenden eine lohnende Ernte verspricht, sich allmählich verengt. So sind uns beispielsweise manche Kometen früherer Jahrhunderte, welche nur auf der südlichen Halbkugel sichtbar waren, bloss durch Berichte von Reisenden bekannt geworden; ebenso blieb die Beschreibung des spanischen Seefahrers Ulloa von der Sonnenfinsterniss am

24. Juni 1778 lange Zeit hindurch eine der wichtigsten Quellen unserer Kenntniss der Lichterscheinungen, welche sich um die total verfinsterte Sonne zeigen u. s. w. Allein heutzutage, wo auf der südlichen Halbkugel bereits eine Reihe von Sternwarten thätig ist, wird ein Reisender wohl nicht so leicht in die Lage kommen, einen Kometen zu beobachten, der nicht auf diesen Sternwarten, und zwar mit besseren Hülfsmitteln als ihm zu Gebote stehen, beobachtet würde. Nicht minder hat die Erleichterung des Verkehrs mit fernen Welttheilen zur Folge, dass jetzt zur Beobachtung jedes wichtigeren, selten sich ereignenden Phänomenes wohlausgerüstete Expeditionen an alle jene Punkte gesendet werden, welche für dessen Sichtbarkeit besonders günstig liegen. Es werden daher Fälle, wo ein Reisender in diesen und ähnlichen Beobachtungen etwas Erspriessliches leisten kann, nur noch ganz ausnahmsweise vorkommen, und es sind überdies die Beobachtungen, deren Anstellung ihm bei solchen Gelegenheiten empfohlen werden könnte, je nach den Hülfsmitteln, die ihm zu Gebote stehen, so verschieden, dass wir es für's Beste halten, derartige Phänomene hier nicht weiter zu berücksichtigen.

Zodiakallicht.

Unter dem Namen Zodiakal- oder Thierkreislicht versteht man gewöhnlich jenen mattleuchtenden, der Milchstrasse ähnlichen Lichtschimmer, der beim Schlusse der Abenddämmerung am westlichen, und kurz vor dem Einbrechen der Morgendämmerung am östlichen Himmel in Gestalt einer Pyramide sichtbar wird, die mit der Basis auf dem Horizonte ruht und sich nahezu längs der Ekliptik fortzieht.

Das Zodiakallicht besteht also dem Anscheine nach aus einer elliptischen Lichtwolke, deren Längsachse beinahe in die Ekliptik fällt, und in deren Mittelpunkt die Sonne sich befindet. Dies ist jedoch nicht das ganze Phänomen, sondern nur sein sichtbarster und am leichtesten zu beobachtender Theil. Unter günstigen Umständen zeigt sich nämlich in der Ekliptik noch ein anderer Lichtstreifen von ähnlicher Gestalt, aber viel geringeren scheinbaren Dimensionen und viel blasserem Lichte, dessen hellste Partie dem Sonnenorte gerade gegenüberliegt. Ein geübtes und scharfes Auge bemerkt aber überdies zuweilen

noch eine äusserst zarte Lichtbrücke, welche den letztgenannten, von Brorsen mit dem Namen Gegenschein belegten Lichtschimmer mit dem Hauptscheine verbindet. Das Zodiakallicht bildet daher in seiner Gesammtheit eine grosse Lichtzone, welche sich über den ganzen Thierkreis ausdehnt, und zwei Intensitätsmaxima besitzt, von denen das eine mit dem Orte der Sonne zusammenfällt, und das andere, viel weniger ausgeprägte, demselben diametral gegenüberliegt, während die beiden Minima ungefähr 130⁰ von der Sonne abstehen dürften.

Das Zodiakallicht im engeren Sinne des Wortes (d. h. jene Lichtpyramiden, welche des Abends im Westen und des Morgens im Osten schief am Horizonte aufsteigen) ist wenigstens in unseren Breiten nicht zu allen Jahreszeiten gleich gut sichtbar, da es vermöge seines Verlaufes längs der Ekliptik zu Zeten so tief am Himmel zu liegen kommt, dass es sich in den Dünsten des Horizontes sehr leicht der Wahrnehmung entzieht. Dies ist namentlich in den Sommermonaten der Fall, wo überdies auch die langen Dämmerungen seine Sichtbarkeit bedeutend erschweren. Eher schon kann man das Zodiakallicht im Winter erblicken, und zwar sowohl den östlich als auch den westlich von der Sonne gelegenen Lichtkegel: den ersteren des Abends im Schützen und Steinbock, und den letzteren des Morgens im Skorpion. Am besten jedoch ist das Zodiakallicht am Abendhimmel im Februar und März sichtbar, wo Ekliptik und Horizont sich unter einem Winkel von 60 und mehr Graden durchschneiden, und nebstbei die kurzen Abenddämmerungen seiner Sichtbarkeit sehr zu Statten kommen. In diesen Monaten steigt es als eine nach links geneigte Lichtpyramide steil am Horizonte empor, durchzieht das Band der Fische, den Kopf des Walfisches und den Widder, und reicht mit der äussersten Spitze ungefähr bis zu den Hyaden und Plejaden. Dabei übertrifft das Licht desselben bei reiner durchsichtiger Luft in seinem dichtesten Theile zuweilen die hellsten Partieen der Milchstrasse an Glanz, und ist sogar mitunter im Stande, einen schwachen Reflex auf der Oberfläche eines ruhigen Wassers zu erzeugen. Des Morgens macht die Ekliptik um diese Jahreszeit nur einen Winkel von etwa 20⁰ mit dem Horizonte, weshalb die westliche Pyramide des Zodiakallichtes am Morgenhimmel nur sehr schwer oder gar nicht sichtbar wird. Im October hingegen ist gerade diese im Löwen und Krebs sehr bemerkbar und erstreckt sich

bis in die Zwillinge, während jetzt umgekehrt die östliche Pyramide des Abends so niedrig am Horizonte sich hinzieht, dass sie kaum zu Gesichte kommt.

In den mittleren Breiten der südlichen Halbkugel verhält sich die Sache sehr ähnlich, nur dass hier das Zodiakallicht am besten des Abends im October, des Morgens im Februar und März und gleichzeitig am Morgen- und Abendhimmel während unseres Sommers gesehen wird. In den Tropenländern hingegen, wo die Ekliptik den Horizont stets unter einem sehr beträchtlichen Winkel durchschneidet, und wo die kurzen Dämmerungen und die im Allgemeinen weit grössere Durchsichtigkeit der Luft die Sichtbarkeit der dem Horizonte nahen, hellsten Partieen des Zodiakallichtes sehr begünstigen, zeigt es sich das ganze Jahr hindurch in seiner vollen Pracht, und kann bei einiger Aufmerksamkeit zu jeder Zeit, sowohl am Abend- als auch am Morgenhimmel aufgefunden werden.

Die Ausdehnung der Pyramide des Thierkreislichtes längs der Ekliptik und ihre Breite längs des Horizontes ist schwierig anzugeben, da ihre Säume nicht scharf begrenzt sind, sondern allmählich in den dunklen Hintergrund übergehen. Bei der Basis tritt überdies noch der Umstand hinzu, dass sie in der Regel nicht ganz bis zum Horizonte verfolgt werden kann, sondern sich bereits einige Grade darüber in den dichten Dunstschichten unserer Atmosphäre verliert. Es ist daher sehr begreiflich, dass die Dimensionen des Zodiakallichtes, je nach seiner mehr oder minder günstigen Lage gegen den Horizont, der geringeren oder grösseren Durchsichtigkeit der Luft und der Schärfe des beobachtenden Auges sehr verschieden geschätzt werden, ohne dass man, wie es schon mehrfach geschehen ist, daraus allein auf Veränderungen im Lichte selbst zu schliessen berechtigt wäre. Die Breite der Basis variirt zwischen 10^0 und 30^0, während die meistentheils etwas abgerundete Spitze zur Zeit ihrer besten Sichtbarkeit im Durchschnitte 50^0 bis 70^0, zuweilen aber auch noch viel weiter, von der Sonne absteht.

Das Zodiakallicht lässt das Licht der Sterne, wie es scheint, ohne merkliche Brechung, und nach J. F. Schmidt, wenigstens in seinen hoch über dem Horizonte liegenden Theilen, auch ohne merkliche Schwächung hindurchgehen, indem darin die Sterne 6. Grösse noch ohne Mühe erkannt werden können. Tiefer im helleren Glanze, näher an der Basis des Zodiakallichtes wird

es allerdings schwierig, die kleinen Sterne zu sehen, wobei aber die ohnehin starke Extinction des Lichtes in Höhen von weniger als 15° bis 20° zu berücksichtigen ist. Sind die hellen Planeten Jupiter und Venus dem Zodiakallichte nahe, so überglänzen sie seine matten Säume derart, dass sie eine genaue Beobachtung derselben zuweilen wochenlang unmöglich machen. Dass dies vom Monde in noch weit höherem Grade gelte, versteht sich von selbst: übrigens entzieht er, so lange er über dem Horizonte steht, das Zodiakallicht ganz unseren Blicken. sobald sein Alter vier Tage überschreitet.

Die Farbe des Zodiakallichtes ist gewöhnlich gelblich. wurde aber schon in allen Nuancen von milchweiss und weissgrau über gelb bis röthlich gesehen. Doch scheinen diese Verschiedenheiten ebenso wie die öfters erwähnten Pulsationen und Zuckungen im Innern der Lichtkegel lediglich durch Zustände unserer Atmosphäre bedingt zu sein.

In neuerer Zeit wurde das Zodiakallicht mehrmals spectralanalytisch untersucht, und dabei das merkwürdige Resultat festgestellt, dass sein Spectrum aus einer hellen grünen mit der intensivsten Nordlichtlinie (Wellenlänge 5571) vollkommen coincidirenden Lichtlinie, und aus einem schwachen continuirlichen Spectrum besteht, welches nach der rothen Seite hin, kurz vor der eben genannten hellen Linie, scharf abgeschnitten ist.

Das Zodiakallicht wurde auch bereits wiederholt in Bezug auf seine Polarisation, und zwar mit sehr verschiedenem Erfolge untersucht; nach den neuesten umfassenden Beobachtungen von A. Wright u. a. scheint es indess deutliche Spuren von Polarisation zu verrathen, die allerdings bloss mit sehr empfindlichen Apparaten und Anwendung aller möglichen Vorsichten erkannt werden können.

Der zweite Hauptheil des Phänomenes, der sogenannte Gegenschein, ist am leichtesten im März, April und Anfang Mai wahrzunehmen, wo sein Centrum in den Sternbildern des Löwen und der Jungfrau sich befindet. Schwieriger schon wird seine Beobachtung zur Zeit des Herbstäquinoctiums während der Monate September und October, wo er die Sternbilder des Wassermannes und der Fische durchwandert. In den anderen Monaten ist er theils wegen seiner tiefen Stellung, theils wegen seiner Lage in den Verästelungen der Milchstrasse kaum mit Sicherheit aufzufinden. Doch kann man im Ganzen genommen

den Gegenschein auch in unseren Breiten als eine nicht ungewöhnliche Erscheinung betrachten, obwohl die Sichtbarkeit, und namentlich die scheinbare Ausdehnung desselben seiner Lichtschwäche wegen von den atmosphärischen Zuständen noch in weit höherem Maasse afficirt wird, als dies bei den früher besprochenen Hauptpyramiden des Zodiakallichtes der Fall ist. Allein zur Erkenntniss der Lichtbrücke, welche den Gegenschein mit den Hauptpyramiden des Zodiakallichtes verbindet, gehört in unseren Breiten (und wahrscheinlich ebenso auch in den gleichen Breiten der südlichen Halbkugel) ein vorzügliches Auge und eine ungewöhnliche Reinheit der Luft. Hingegen muss die Lichtbrücke in den Tropenländern wenigstens an gewissen Orten immerhin eine ziemlich auffällige Erscheinung sein, indem z. B. Jones vom Zodiakallichte, wie es sich auf dem Hochplateau von Quito zeigt, folgende Schilderung entwirft:

„I see here every night and all through the night, a luminous arch, from east to west, quite across the sky. This arch, 20° wide, is visible at all hours, when the sky is clear, but is brightest and most striking, when the ecliptic is vertical, at which times it looks almost like another Milky Way. It is very evidently the Zodiacal Light. This luminous arch, I know, is not a new discovery, for Baron Humboldt saw it in the seas of Mexico, and Professor Brorsen has noticed it more fully in Germany. I also had glimpses of it in my late cruise in the Eastern seas. Here however, it is developed with a remarkable degree of distinctness . . . .“

Das Zodiakallicht wird sonderbarerweise von den Schriftstellern des Alterthums nirgends erwähnt, oder mindestens nirgends so bestimmt beschrieben, dass der betreffende Passus nicht ebensogut auf andere Erscheinungen bezogen werden könnte; doch scheint es bei den Arabern unter dem Namen „Fejri Kyāzib“ (falsche Dämmerung) bereits zu Mohammeds Zeit allgemein bekannt gewesen zu sein. Hingegen stossen wir in europäischen Chroniken erst im Jahre 1661 in der Britannia Baconica von Childrey auf eine unzweifelhafte Beschreibung desselben als einer regelmässigen Erscheinung. Von da an wurde es einige Dezennien hindurch vielfach beobachtet, besonders seitdem Cassini es im Jahre 1683 für eine Atmosphäre der Sonne erklärt hatte. Allein das Interesse am Studium desselben erkaltete sehr bald wieder. Denn von der ersten

Hälfte des vorigen Jahrhunderts an finden wir durch eine lange Reihe von Jahren in den astronomischen und meteorologischen Jahrbüchern, sowie in den Tagebüchern von Reisenden nur noch vereinzelte, zum Theile allerdings sehr werthvolle Notizen über das Zodiakallicht, aber keine einzige durch längere Zeit systematisch fortgesetzte Beobachtungsreihe desselben. Erst um die Mitte der vierziger Jahre nahmen sich einzelne Männer, namentlich J. F. Schmidt, E. Heis und Th. Brorsen der so lange vernachlässigten Erscheinung lebhaft wieder an, und gaben dadurch einen neuen Impuls zur genaueren Erforschung derselben. Eine besondere Beachtung verdienen auch die Beobachtungen, welche der amerikanische Schiffskaplan G. Jones in den Jahren 1853 bis 1855 auf einer Reise um die Welt mit einer nicht genug anzuerkennenden Ausdauer zum Theile unter sehr günstigen Umständen ausgeführt hat. Er selbst glaubt aus ihnen die folgenden Resultate ableiten zu können:

1) Dass die Hauptmasse des Zodiakallichtes auf der nördlichen oder südlichen Seite der Ekliptik liegt, je nachdem der Beobachter sich nördlich oder südlich von derselben befindet, mit anderen Worten, dass das Zodiakallicht zugleich mit dem Beobachter nach Norden und Süden wandert.

2) Dass (in Folge der Erdrotation) im Verlaufe der Nacht eine sehr merkliche seitliche Verschiebung des Lichtkegels eintritt.

3) Dass nicht nur die Sonne, sondern unter günstigen Umständen auch der Mond ein Zodiakallicht hervorbringen kann.

Es ist hier nicht der Ort, diese Sätze einer eingehenden Kritik zu unterziehen: nur so viel sei erwähnt, dass Jones bei seinen Schlussfolgerungen kaum genug Gewicht auf manche Umstände legt, welche den Charakter des Phänomenes nicht unbeträchtlich modificieren können. Uebrigens sind seine Beobachtungen im Jahre 1876 sehr eingehend von Serpieri discutirt worden, ohne dass es indessen gelungen wäre, die Bedenken zu zerstreuen, die sich gegen die oben ausgesprochenen Sätze, namentlich den letzten, erheben lassen. Es wäre daher sehr zu wünschen, dass eine grössere Beobachtungsreihe speciell zu dem Zwecke unternommen würde, die Folgerungen, welche Jones aus seinen Beobachtungen gezogen hat, mit möglichster Berücksichtigung aller hierbei in Betracht kommenden Momente zu verificiren, eventuell zu rectificiren, da dieselben für die

Theorie dieses räthselhaften Phänomenes von der weittragendsten Bedeutung sind.

Die Natur und das Wesen des Zodiakallichtes sind uns noch völlig dunkel. Cassini hielt es für eine weit ausgedehnte, stark abgeplattete Sonnenatmosphäre, weil er gefunden zu haben glaubte, dass die Ebene desselben mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfalle, was jedoch nach den neueren gründlichen Untersuchungen von Schmidt und anderen noch keineswegs als erwiesen anzusehen ist. Mairan bildete Cassini's Hypothese in einer etwas phantastischen Weise weiter aus, um sie auch zur Erklärung der Polarlichter und anderer Phänomene benutzen zu können. Doch verliess man dieselbe nach und nach immer mehr, als Laplace am Anfange unseres Jahrhunderts sehr gewichtige theoretische Bedenken dagegen geltend machte, und kehrte ziemlich allgemein zu der Hypothese von Fatio de Duillier, einem Zeitgenossen Cassini's zurück, nach der das Zodiakallicht der Wiederschein einer zahllosen Menge minutiöser Körperchen ist, welche die inneren Räume unseres Planetensystemes bevölkern, und die Sonne nahezu in der Ebene ihres Aequators umgeben sollen. Was dieser Hypothese bis vor Kurzem einen besonderen Anhang verschaffte, war der Umstand, dass man meinte, mittelst derselben das Zodiakallicht in eine sehr enge Verbindung mit dem widerstehenden Mittel und den periodischen Sternschnuppenschwärmen bringen zu können: allein sie ist schwerlich im Stande, von allen Eigenthümlichkeiten des Phänomenes, namentlich vom Gegenscheine, genügend Rechenschaft zu geben. Es hat daher Jones in der neueren Zeit das Zodiakallicht für einen Nebelring erklärt, der die Erde innerhalb der Mondbahn umschwebt: eine Ansicht, die, nebenbei bemerkt, fast gleichzeitig auch Heis ausgesprochen hat. Indess lassen sich auch dagegen sehr gewichtige Bedenken erheben. Ebenso ist auch die von Serpieri aus den Beobachtungen von Jones abgeleitete Hypothese, nach welcher das Zodiakallicht eine electrische Lichterscheinung sein soll, die der Sonne in ihrem scheinbaren Laufe um die Erde vorangeht und folgt, kaum im Stande, alle Erscheinungen desselben genügend zu erklären. Es ist überhaupt unsere Kenntniss vom Zodiakallichte im Ganzen noch viel zu mangelhaft, als dass man jetzt schon mit begründeter Aussicht auf Erfolg hoffen könnte, die Beschaffenheit desselben zu enträthseln; dazu thun

uns vor Allem noch zahlreiche, nach einem zweckmässigen Plane angestellte Beobachtungen noth.

Zunächst wird es sich jedenfalls stets darum handeln, die Gestalt und Lage des Zodiakallichtes im Momente der Beobachtung zu ermitteln. Dies geschieht, falls der Beobachter mit dem gestirnten Himmel vertraut ist, wohl am einfachsten dadurch, dass er die Grenzen des Zodiakallichtes in eine gute Sternkarte einzeichnet, oder sich die Sterne notirt, welche die Ränder desselben berühren, oder zwischen denen sie durchgehen. Auf einem schwankenden Schiffe ist diese Beobachtungsmethode auch die einzig anwendbare; auf dem festem Lande hingegen wird es sich vorzüglich dann, wenn der Beobachter mit den Gestirnen des Himmels nicht besonders vertraut ist, empfehlen, die Grenzlinien mit Hülfe von eigens hierfür construirten kleinen Theodoliten zu beobachten, die statt des Fernrohres eine einfache Visirvorrichtung tragen, und deren Kreise der leichteren Ablesbarkeit wegen nur von Grad zu Grad getheilt sind.*) Diese Beobachtungsart fordert fast gar keine Vorübung und nimmt auch weniger Zeit in Anspruch, als das Einzeichnen in Karten; ferner ist bei ihr das Auge nicht in gleichem Maasse dem Wechsel von Licht und Dunkel ausgesetzt, und es können auch kleinere Sterne, welche in den Karten nicht eingezeichnet sind, zur Fixirung der Grenzen benutzt werden; endlich ist bei ihr die Gefahr einer Verwechselung der Sterne, welcher beim Einzeichnen in Karten minder geübte Personen in hohem Maasse ausgesetzt sind, eine sehr geringe. Allerdings muss die Ortszeit der Beobachtung ziemlich genau angegeben werden, damit die Azimute und Höhen mit genügender Genauigkeit in die entsprechenden Aequatorcoordinaten verwandelt werden können und es ist überhaupt diese Verwandlung eine nicht ganz unbeträchtliche Arbeit, welche bei der anderen

*) Solche Instrumentchen, welche schon seit vielen Jahren an der Wiener Sternwarte mit sehr gutem Erfolge zur Bestimmung der Anfangs- und Endpunkte von Meteorbahnen verwendet und deshalb Meteoroskope genannt werden, können mit Vortheil zur Beobachtung aller jener Erscheinungen benutzt werden, bei denen Lichtschwäche, verwaschene Umrisse oder andere Ursachen eine genauere Pointirung nicht zulassen. Solche Erscheinungen sind ausser dem Zodiakallichte beispielsweise noch: Sternschnuppen, Polarlichter, die Halbmesser der verschiedenen Arten von Sonnen- und Mondhöfen etc.



Methode wegfällt. Indess wird dieser Umstand in den meisten Fällen gegenüber den eben erwähnten nicht geringen Vortheilen dieser Beobachtungsmethode um so weniger in Betracht kommen können, als der Reisende wohl selten in der Lage sein dürfte, seine Beobachtungen an Ort und Stelle zu reduciren, sondern dieselben in der Regel unreducirt in die Heimath mitbringen wird, wo ihm vielfache Hülfsmittel zu deren Bearbeitung zu Gebote stehen.

Die Orientirung eines solchen Instrumentchens, welches, um überall mit Leichtigkeit verwendbar zu sein, so eingerichtet werden muss, dass es sich ähnlich wie ein Nivellirinstrument oder das Zeichenbrett eines Messtisches auf einen hölzernen Dreifuss aufstecken lässt, ist sehr einfach. Denn sobald der Azimutalkreis horizontal gestellt ist, ergiebt jede Einstellung eines bekannten Sternes, der nicht gerade nahe am Zenithe steht, durch eine leichte Rechnung den Indexfehler beider Kreise. Am besten eignet sich zu diesem Zwecke auf der nördlichen Halbkugel der Polarstern, da sein Azimut stets sehr nahe 180° beträgt, und in Folge dessen das Instrument stets sehr nahe richtig orientirt ist, wenn man den Index des Azimutalkreises auf 180° einstellt, hierauf das Instrument um seine Hülse dreht, bis das Diopterlineal auf den Polarstern hinweist, und dann festklemmt. Man wird ferner gut thun, im Verlaufe einer längeren Beobachtungsreihe den Polarstern oder einen anderen bekannten Stern ein paar mal einzustellen, und die Angaben der Kreise nebst der Beobachtungszeit zu notiren: theils um sich von der Unveränderlichkeit der Aufstellung zu überzeugen; theils um den Indexfehler aus dem Mittel mehrerer Beobachtungen mit grösserer Sicherheit zu erhalten.

Möge man indessen die Beobachtungen nach dieser oder jener Methode ausführen, immer müssen mancherlei Vorsichtsmaassregeln angewendet werden, um eine gute Beobachtung des Zodiakallichtes zu erhalten. Vor allem muss der Beobachter vor jeder neuen Pointirung oder Einzeichnung das Auge wieder an die Dunkelheit gewöhnen (am besten dadurch, dass er es eine Zeitlang schliesst, oder gegen eine dunkle Stelle des Himmels oder der Erde richtet), damit es fähig werde, auch die schwächeren unmerklich in den dunklen Himmelsgrund sich verlierenden Partieen des verwachsenen Lichtschimmers aufzufassen. Ferner unterlasse man die Beobachtung,

wenn Venus oder Jupiter den Säumen des Lichtes nahe stehen, oder diese mit der Milchstrasse zusammenfallen, weil man in diesen Fällen wenigstens für die eine Grenzlinie nur illusorische Daten erhalten würde. Ebenso unterlasse man die Beobachtung lieber ganz, wenn das Auge, wie im Innern grösserer Städte, durch den Reflex von fremdartigem Lichte geblendet wird, oder die Luft nicht ganz rein ist, weil man unter diesen Umständen von feineren Details des Phänomens ohnehin nichts wahrnimmt. Uebrigens sollten die atmosphärischen Verhältnisse etc. unter denen die Beobachtung ausgeführt wurde, stets sehr sorgfältig angegeben werden, da diese auf den Charakter der ganzen Erscheinung einen enormen Einfluss auszuüben vermögen. Endlich sei noch bemerkt, dass das Zodiakallicht selbst unter den Tropen das Licht der Dämmerung nicht verträgt, indem es auch dort erst am Schlusse der Abenddämmerung sichtbar wird und kurz nach dem Beginne der Morgendämmerung verschwindet. Dies verdient deshalb besonders hervorgehoben zu werden, weil die meisten Angaben über das Fehlen des Zodiakallichtes ohne Zweifel nur daher rühren, dass es des Abends zu früh oder des Morgens zu spät aufgesucht wurde.

Befindet sich der Beobachter in geringen Breiten, d. h. in Gegenden, welche sich vorzugsweise für die Beobachtung des Zodiakallichtes eignen, so richte er sein Augenmerk vorzüglich auf den Gegenschein und die bei uns so schwer sichtbare Lichtbrücke, und beachte ausser dem Verlaufe der Lichtzone namentlich auch deren Helligkeitsverhältnisse, um die Lage der Lichtminima festzustellen, über die wir noch sehr im Ungewissen sind. Es ist allerdings sehr schwierig oder eigentlich unmöglich, die einzelnen Helligkeitsstufen genau von einander abzugrenzen, weil die Lichtintensität sich nicht sprungweise, sondern sehr allmählich ändert. Allein bei einiger Uebung wird man doch auch darin eine gewisse Sicherheit erlangen, weil sich in der Milchstrasse ein vortreffliches Vergleichungsobject darbietet. Denn nicht nur hat sie in ihrem mildem Schimmer die grösste Aehnlichkeit mit dem Zodiakallichte, sondern an verschiedenen Stellen auch sehr verschiedene Helligkeit, so dass man leicht solche Stellen herausfinden wird, welche sich mit den einzelnen Partieen unseres Phänomenes gleich hell zeigen. Man wähle aber solche Gegenden der Milchstrasse aus, die mit den zu untersuchenden Punkten des

Zodiakallichtes, vorzüglich wenn dieselben nahe am Horizonte liegen, beiläufig die gleiche Höhe haben, um dadurch die atmosphärischen Einflüsse so viel wie möglich zu eliminiren.

Um in die Helligkeitsangaben eine gewisse Gleichmässigkeit zu bringen und sie leichter unter einander vergleichbar zu machen, wird es gut sein, sich anzugewöhnen, die verschiedenen Helligkeitsstufen durch Zahlen zu bezeichnen, und beim Eintragen durch verschieden starke Schraffirungen zu unterscheiden, so wie dies Heis in seinem neuen Atlas bei der Milchstrasse gethan hat. Sehr erwünscht wäre es, sich bezüglich der Zahl und Abgrenzung der Abstufungen möglichst nahe an Heis anzuschliessen, weil er die von ihm gewählten Unterabtheilungen nach vielfacher, langjähriger Erfahrung als die zweckmässigsten erprobt hat.

Während der Beobachtungen wird der Beobachter wohl öfter Gelegenheit haben, die vielfach erwähnten Lichtzuckungen, rasche Expansionen und Contractionen des Zodiakallichtes u. dgl. m. zu bemerken. In solchen Fällen richte er seine Aufmerksamkeit durch längere Zeit auf benachbarte Theile der Milchstrasse: zeigt auch diese Schwankungen in ihren Grenzen, so sind selbstverständlich die ähnlichen Schwankungen des Zodiakallichtes ebenfalls nur optischer Natur, und durch leichte vom Winde hin und her getriebene Nebel verursacht, die sich auch bei sonst reinem Himmel zuweilen in den höheren Regionen unserer Atmosphäre bilden.

Ausserdem bietet es noch ein Interesse dar, die Farbe des Zodiakallichtes zu ermitteln, und namentlich nachzusehen, ob alle Theile desselben die Hauptpyramiden, der Gegenschein und die Lichtbrücke, gleich gefärbt sind oder nicht. Von Wichtigkeit wäre ferner eine wiederholte spektralanalytische Untersuchung des Zodiakallichtes: doch wird ein Reisender kaum in der Lage sein, eine solche mit Erfolg durchführen zu können, ebensowenig wie ihn Untersuchungen über die Polarisation des Zodiakallichtes zu entscheidenden Resultaten führen dürften.

Sternschnuppen.

Zu den Phänomenen, durch deren Beobachtung Reisende der Astronomie erspriessliche Dienste leisten können, gehören in erster Linie auch die Sternschnuppen oder Feuermeteore,

welche in der jüngsten Zeit durch die Entdeckung ihres innigen Zusammenhanges mit den Kometen eine ungeahnte Bedeutung in der Wissenschaft erlangt haben.

Die scheinbare Grösse der Sternschnuppen ist bekanntlich sehr verschieden; von den kleinsten eben noch sichtbaren findet man durch jede Grössenabstufung heller werdende, bis sie nicht nur die schönsten Gestirne des Firmamentes Jupiter und Venus an Leuchtkraft übertreffen, sondern sogar bisweilen einen Glanz entwickeln, vor dem die Sterne erbleichen, und die Nacht taghell gelichtet wird. Doch pflegt man in der Regel nur die kleineren Erscheinungen dieser Art Sternschnuppen oder Meteore zu nennen und nach Sterngrössen von der 6. bis zur 1. zu ordnen, während man die helleren Sternschnuppen, von Jupiter- oder Venusgrösse angefangen, mit dem Namen Feuerkugeln oder Boliden auszeichnet, weil sie bisweilen deutlich eine kugel- oder birnförmige Gestalt erkennen lassen, und manchmal sogar an Grösse dem Vollmonde gleichen sollen.

Die Bahn der Sternschnuppen stellt sich in der Regel als ein grösster Kreis am Himmel dar, was darauf hindeutet, dass das von uns gesehene Bahnstück von einer geraden Linie nicht merklich abweicht. Indessen besitzen die Bahnen öfter eine ziemlich auffällige, zuweilen sogar starke Krümmung; ebenso kommen wellen- oder schlangenförmige Curven nicht gar zu selten vor: endlich ist eine Bahn hin und wieder zum Theil geradlinig, zum Theil gekrümmt. Alle diese und ähnliche Variationen sind leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass die Sternschnuppen sich in unserer Atmosphäre, also in einem widerstehenden Mittel bewegen, und wenn man die an und für sich sehr wahrscheinliche Annahme macht, dass sie nicht immer genau sphärische Körper seien: denn dann müssen sie bei ihrer Bewegung in unserem Luftkreise unter Umständen alle jene sonderbaren Curven beschreiben, welche uns beim Bumerang, den Projektilen gezogener Geschosse etc. auffallen.

Die Zeit, in welcher die Meteore den sichtbaren Theil ihrer Bahn durchfliegen, beträgt meistens bloss Bruchtheile einer Secunde, und übersteigt 3 bis 4 Secunden schon sehr selten. Indess bleibt nach dem Erlöschen des eigentlichen Meteores, namentlich wenn es zu den helleren gehörte, in vielen Fällen am Himmel noch eine feurige Spur in Gestalt eines Schweifes zurück, der im Allgemeinen wohl bereits wenige Secunden

nach dem Meteore verschwindet, hin und wieder aber auch 1 bis 2 Minuten, ja sogar Viertel- bis Halbe-Stunden lang sichtbar bleibt, und dann oft merkwürdige mit überraschenden Formänderungen verbundene Bewegungen ausführt, bei denen sonderbarerweise einzelne seiner Partieen zeitweilig wieder heller aufleuchten.

Während ihres Laufes ändern die Sternschnuppen meistentheils ihre Helligkeit nicht und verschwinden wieder ebenso plötzlich als sie erschienen waren. Nur grössere Meteore, insbesondere die Feuerkugeln ersten Ranges, scheinen manchmal unter Funkensprühen zu verlöschen oder zu zerplatzen, worauf man dann bisweilen einzelne matter leuchtende Stücke der Erde zufallen sieht und einige Minuten nachher ein mehr oder minder starkes, ja sogar betäubendes Getöse vernimmt. Solche „detonirende“ Meteore sind es auch, welche gelegentlich zu den so interessanten Meteoritenfällen Veranlassung geben.

Die plötzliche Lichtentwickelung der Meteore rührt, den Forschungen der Neuzeit zu Folge daher, dass ihre kosmische Geschwindigkeit beim Eindringen in unseren Luftkreis durch den Widerstand desselben unglaublich rasch vernichtet, oder richtiger gesagt in andere Formen der Bewegung, als da sind: Wärme, Licht, Electricität etc. etc. umgesetzt wird. Ferner lehrt die Theorie, dass der grösste Geschwindigkeitsverlust (und in Folge dessen die intensivste Licht- und Wärmeentwickelung) gleich nach dem Eindringen des Meteors in die Atmosphäre in Luftschichten von ausserordentlicher Dünne stattfindet, und dass die Geschwindigkeit (und damit die Ursache der Licht- und Wärmeentwicklung) bei Meteorkörpern von geringen Dimensionen bereits in den höchsten Schichten unserer Atmosphäre auf einen kleinen Bruchtheil der ursprünglichen reducirt wird. Mit diesen Ergebnissen der Theorie steht unsere Erfahrung in vollem Einklange, denn die Berechnung correspondirender Beobachtungen hat ergeben, dass die Meteore gewöhnlich in Höhen von 100 bis 150 Kilometern oder in noch grösseren aufleuchten (also in Luftschichten, die noch zu dünn sind, um merkbare Dämmerungserscheinungen hervorzurufen) und dass sie bereits in Höhen von 40 bis 70 Kilometern schon wieder erlöschen. Damit stimmt auch, dass man Sternschnuppen, einige sehr seltene Fälle ausgenommen, die überdies bestritten werden können, noch nie unter die Wolkendecke

oder gar bis auf die Erde hat herabfallen sehen. Ueberhaupt scheint die Materie der Sternschnuppen stets in unserem Luftkreise zerstäubt oder verflüchtigt zu werden, da das, was man gewöhnlich als Sternschnuppenreste ansieht, nur gallertartige, grössentheils organische Massen sind, welche in den ersten Stadien der Fäulniss eine schwache Phosphorescenz zeigen und sich dadurch in der Dunkelheit bemerklich machen.

Die mittlere Häufigkeit der Meteore steigt im Laufe einer Nacht, vom Abend bis Morgen nach und nach ungefähr auf das Dreifache, indem zahlreichen jahrelang fortgesetzten Zählungen zufolge ein Beobachter im Durchschnitte am Abend stündlich nur 4 bis 5, um Mitternacht schon 8 bis 10, gegen Morgen aber 14 bis 18 Sternschnuppen erblickt. Diese tägliche Variation in der Häufigkeit der Sternschnuppen, welche wegen ihrer unleugbaren Beziehung zur Ortszeit des Beobachters die Anhänger der kosmischen Theorie dieser Gebilde lange Zeit hindurch in nicht geringe Verlegenheit setzte, ist lediglich eine Folge der Combination der eigenen Bewegung der Meteore mit der Bewegung der Erde in ihrer Bahn. Eine gleiche Bewandtniss hat es auch mit der jährlichen Variation in der Frequenz der Meteore, nach welcher auf der nördlichen Halbkugel in der zweiten Hälfte des Jahres (Juli—December) weit mehr Sternschnuppen sichtbar werden, als in der ersten (Januar—Juni), während umgekehrt auf der südlichen Halbkugel die Sternschnuppen gerade in unserem Winterhalbjahre häufiger vorkommen.

Die eben angegebenen Zahlen sind jedoch nur als Mittelwerthe zu betrachten. Als man dem Sternschnuppenphänomene mehr Aufmerksamkeit zu schenken begann, machte man gar bald die Entdeckung, dass sich einzelne Nächte alljährlich durch eine weit grössere Fülle von Meteoren auszeichnen, und dass dabei die Sternschnuppen den Himmel nicht regellos in allen Richtungen durchkreuzen, sondern der Mehrzahl nach Bahnen beschreiben, die nach rückwärts verlängert auf einen bestimmten Punkt des Himmels, den Radiationspunkt hinzielen, dessen Lage weder im Laufe der Nacht, noch von einem Jahre aufs andere sich ändert. Man bemerkte auch, dass in diesen Nächten die Meteore bezüglich ihrer Farbe, Grösse und Dauer, sowie bezüglich der Schweifbildungen, kurz, bezüglich ihres ganzen Habitus einander sehr ähnlich seien. Alles dies weist

unverkennbar darauf hin, dass die in solchen Nächten sichtbaren Meteore zu tausenden vereint, dieselbe Richtung im Weltraume verfolgen und gemeinsam die Sonne in einer Bahn umkreisen, welche an einem bestimmten Punkte die Erdbahn durchschneidet, und dass die Erde bei jedem Durchgange durch diesen Punkt dem Strome einen Theil seiner Glieder entreisst. Man nannte daher die, diesen periodisch wiederkehrenden Sternschnuppenströmen angehörigen Meteore periodische oder systematische, zum Unterschiede von den anderen Sternschnuppen, welche man als sporadische bezeichnete. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass in jeder Nacht sich mehrere Radiationscentra nachweisen lassen, zwischen welche sich die einzelnen Meteore ziemlich gleichmässig vertheilen und in Folge dessen für den ersten Anblick regellos am Himmel herumzufliegen scheinen. Es gehören daher so gut wie alle Sternschnuppen bestimmten Meteorströmen an, welche aber im allgemeinen viel dünner bevölkert sind als die früher erwähnten sogenannten periodischen, die schon einige Male zu wahren Sternschnuppenregen Veranlassung gegeben haben. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind die Nacht vom 11. auf 12. November 1799, wo Humboldt und Bonpland an der mexicanischen Küste durch mehrere Stunden viele tausende von Sternschnuppen und kleinen Feuerkugeln den Himmel durchfurchen sahen; ferner die Nacht vom 12. auf 13. November 1833, in der nach Olmsted und Palmer zu Newhaven die Sternschnuppen stundenlang wie Schneeflocken herabfielen, endlich aus unserer Zeit die Morgenstunden der Nacht vom 13. auf 14. November 1866 und die Abendstunden des 27. November der Jahre 1872 und 1885.

Die reicheren Sternschnuppenströme, deren Radiationspunkt nördlich vom Aequator liegt, deren Meteore also auf der nördlichen Halbkugel gut sichtbar sind, dürften wohl schon so ziemlich alle bekannt sein: sie fallen auf die nachstehenden Epochen:

1) Januar 2. und 3. Hauptradiant im Hercules ($\alpha = 238^0$ $\delta = +45^0$).
2) April 12. und 13. Hauptradiant im Hercules ($\alpha = 273^0$ $\delta = +25^0$.)
3) April 18.—23. Reicher Schauer mit vielen Radiationscentren. Einer der Hauptradianten liegt: ($\alpha = 267^0$ $\delta = +35^0$).

4) Juli 26.—29. Reicher Schauer mit vielen Radianten, von denen keiner besonders präponderirt.
5) August 9.—14. Sehr reicher Strom, bekannt unter dem Namen Laurentiusstrom mit vielen Radianten. Einer der Hauptradianten liegt im Perseus ($\alpha = 43^0$ $\delta = +57^0$). Von Mitte Juli bis Mitte August ist überhaupt ein sehr beträchtliches Anschwellen des Sternschnuppenphänomenes bemerkbar.
6) October 19.—25. zeigte manche Jahre ziemlich reiche Fälle. Die Hauptradianten liegen im Orion ($\alpha = 75^0$ $\delta = +25^0$) und den Zwillingen ($\alpha = 95^0$ $\delta = +15^0$ und $\alpha = 112^0$ $\delta = +30^0$).
7) November 13.—14. Der bekannte Novemberschwarm der Leoniden ($\alpha = 148^0$ $\delta = +24^0$).
8) November 27.—29. Diffuse Radiation in der Andromeda.
9) December 6.—13. Einer der Hauptradianten liegt in den Zwillingen ($\alpha = 105^0$ $\delta = +30^0$).

Ueber die reicheren Sternschnuppenströme mit südlichen Radiationspunkten wissen wir nur sehr wenig, da ausser den mehrjährigen durch Heis bearbeiteten Meteorbeobachtungen Neumayer's noch keine grössere Beobachtungsreihe von Sternschnuppen aus der südlichen Halbkugel vorliegt. In diesen Beobachtungen spricht sich ein Anschwellen des Sternschnuppenphänomenes zu folgenden Zeiten aus:

1*) Januar 28. bis Februar 2.
2*) März 12.—15.
3*) Mai Mitte des Monates.
4*) Juni Anfang des Monates.
5*) Juli 28. bis August 2. Scheint die Epoche der Maximalfrequenz der Meteore in der südlichen Halbkugel zu sein.
6*) August 5.—7.
7*) December 18.—25.

Manche dieser Epochen sind auch aus gelegentlichen Notizen in den Tagebüchern von Reisenden als Zeiten grösserer Meteorfrequenz zu erkennen. So macht beispielsweise J. C. Ross im Berichte über seine Südpolarexpedition die folgende, auf die Epoche 5* hinweisende Bemerkung: „1840 July 28—29 . . . meteors in great numbers were seen darting about in all directions . . .“. Endlich sei noch erwähnt, dass die beiden

sternschnuppenreichsten Perioden der nördlichen Halbkugel (August 9.—14. und November 13.—14.) auf der südlichen an Meteoren besonders arm sein sollen.

Die Ausführung von Meteorbeobachtungen an allen mondfreien Nächten im Laufe des ganzen Jahres ist insbesondere in jenen Gegenden sehr erwünscht, in denen der grösste Theil des südlichen Himmels sichtbar ist, den wir bezüglich des Meteorphänomenes noch sehr wenig kennen. Besonders lohnend gestalten sich indess die Meteorbeobachtungen während der Epochen einer grösseren Meteorfülle, weil man in diesen schon binnen Kurzem ein hinreichendes Material zusammenbringt, um die vorkommenden Radiationspunkte einigermassen sicher ermitteln zu können. In der Ermittelung derselben besteht aber eine der Hauptaufgaben der Sternschnuppenkunde, seitdem man weiss, dass die Sternschnuppen Auflösungsproducte von Kometen sind, und so wie diese, der grossen Mehrzahl nach, in parabolischen Bahnen einhergehen. Denn nun kann man aus dem Radiationspunkte allein nicht nur die relative Geschwindigkeit, mit der die Meteore des betreffenden Stromes auf die Erde herabstürzen, und die Bahnelemente desselben berechnen, sondern auch durch Vergleichung dieser Elemente mit den Elementen der bisher erschienenen Kometen, zuweilen auch jenen Kometen herausfinden, dessen allmählicher Zerstörung der Meteorstrom sein Entstehen verdankt. Beispiele solcher Identificirungen liefern uns die oben unter den Nummern 3, 5, 7 und 8 angeführten Sternschnuppenströme, die der Hauptsache nach nichts anderes sind als Bruchstücke der Kometen: 1861 I, 1862 III, 1866 I und des Biela'schen Kometen.

Um Sternschnuppenbeobachtungen zu weiteren Untersuchungen möglichst verwendbar zu machen, muss der Beobachter vor Allem die Bahnen der einzelnen Meteore möglichst genau zu bestimmen trachten. Dies geschieht am einfachsten durch Einzeichnen derselben in eine Sternkarte oder durch Einstellen ihrer Anfangs- und Endpunkte an Meteoroskopen, wie es bereits bei der Besprechung des Zodiakallichtes näher erörtert wurde. Uebrigens wird man auch beim Einzeichnen der Meteorbahnen in Sternkarten in der Regel bloss den Anfangs- und Endpunkt genau eintragen, und diese beiden Punkte durch einen grössten Kreis verbinden (wobei man aber nie vergessen darf, den Sinn der Bewegung, etwa durch eine Pfeilspitze, ersichtlich

zu machen), da die Bahn nur in seltenen Fällen merkbar von einem solchen abweicht.

Sollte der Beobachter so glücklich sein, einen reichen Sternschnuppenfall zu erblicken, so wird er bald die Gegend des Himmels erkennen, aus welcher die meisten Meteore auszustrahlen scheinen. Auf diese Gegend richte er dann sein Hauptaugenmerk und beachte besonders die Meteore mit ganz kurzen Bahnen und die nahezu oder ganz stationären. Denn die Bahnen dieser Meteore sind nur wegen ihrer Nähe am Radiationspunkte perspektivisch so stark verkürzt, und bieten daher das beste und sicherste Mittel zu seiner genauen Bestimmung dar. Dasselbe Verfahren sollte übrigens der Beobachter auch in einer gewöhnlichen Sternschnuppennacht befolgen, wenn er zu bemerken glaubt, dass mehrere der gesehenen Bahnen auf einen bestimmten Punkt des Himmels als ihren Radiationspunkt hinzielen. Bei sehr reichen Sternschnuppenfällen will man auch manchmal bemerkt haben, dass in der Gegend des Radiationspunktes ein matter nordlichtartiger Schimmer sich zeigte. Auf dieses Phänomen sei vorkommenden Falles der Beobachter besonders aufmerksam.

Ausser den Bahnen der Sternschnuppen beachte man auch die Farbe und Helligkeit derselben, die letztere, indem man die Sternschnuppen mit den Sternen der verschiedenen Grössen, und die helleren mit Jupiter und Venus vergleicht. Ebenso notire man es, wenn eine Sternschnuppe anomale Bewegungen zeigte oder während ihres Laufes ihren Glanz änderte. Hinterliess sie einen Schweif, so bemerke man, ob und wie lange derselbe nach ihrem Verschwinden noch sichtbar blieb, ob er sich gegen die Sterne bewegte, seine Form veränderte etc. etc. Bleibt ein Sternschnuppenschweif dem freien Auge so lange sichtbar, dass der Beobachter ein kleines lichtstarkes Fernrohr mit grossem Gesichtsfelde (etwa einen Kometensucher oder ein Binocle) darauf richten kann, so sollte er nie versäumen, dies zu thun, um die höchst interessanten Veränderungen, welche in den Schweifresten vorgehen, genauer verfolgen eventuell skizziren zu können.

Bei Beobachtungen wie den eben besprochenen kann das Anlegen zweckmässiger Register zum Eintragen derselben nicht genug empfohlen werden: es wird dadurch die Uebersicht wesentlich erleichtert und viel Zeit und Mühe erspart. Ein

solches Register könnte etwa folgendermaassen eingerichtet werden:

Athen ($\lambda = 0^h\ 41^m\ 21^s$ östl. v. Berl., $\varphi = +\ 37^0\ 58'\ 3$).
J. F. Schmidt.

No.	1863	Mittlere Ortszeit	Grösse.	Farbe.	Dauer des Meteores.	Dauer des Schweifes.	Anfangspunkt α	Anfangspunkt δ	Endpunkt α	Endpunkt δ
1	Septbr. 8	12h 10m	5	—	—	—	1°	+ 15°.5	349°	+ 20°.7
2	„ 8	12 40	4.5†	—	4s	—	105	+ 67	347	— 10
3	„ 8	12 49	4*	—	—	—	31.5	+ 25	24.5	+ 27.5
4	Octbr. 10	15 48	1.2*	roth	3s	(20m)	70	— 25	93	— 30
5	„ 11	7 31	3.4	roth	—	—	0	+ 6.5	347.5	+ 4
6	„ 18	16 39	3*	—	—	3s	69	— 19	56	+ 23
7	Novbr. 13	13 32	♃*	grün	—	(5m) 30s	144	+ 25.5	139	+ 28.5
8	„ 13	13 38	♀*	roth	1½s	(5m) 70s	163	+ 56	181	+ 72.5

No. 2. Diese ungewöhnliche Sternschnuppe beschrieb in 4^s folgende Bahn: ($105^0 + 67^0$), ($60^0 + 66.^05$), ($35^0 + 57^0$), ($15^0 + 36^0$), $1.^05 + 14$), ($347^0 - 10^0$).

Dieses Schema, welches der Hauptsache nach von J. F. Schmidt herrührt, umfasst in seinen 10 Abtheilungen alles, was sich für gewöhnlich an einem Meteore beobachten lässt. Sollte ausserdem noch etwas beachtenswerthes bemerkt werden, so kann dies leicht in Form einer Note (wie hier zu No. 2) am Schlusse hinzugefügt werden. Die einzelnen Columnen bedürfen wegen der ganz detaillirten Ueberschriften wohl keiner weiteren Erläuterung. Nur in betreff der eingeführten Bezeichnungen sei bemerkt, dass ein der Grösse beigesetzter Asterisk oder ein angehängtes Kreuz andeutet, es habe das Meteor zu den geschweiften resp. jenen mit anomaler Bewegung gehört, und dass in der Columne: Dauer des Schweifes von den mitgetheilten Zahlen die nicht eingeklammerte die Zeit angiebt, während welcher der Schweif dem freien Auge, die eingeklammerte hingegen jene, während welcher er in einem Fernrohr sichtbar blieb. So will z. B. bei No. 7 die Doppelangabe (5^m) 30^s besagen, der Schweif liess sich mit dem blossen Auge nur durch 30^s; am Kometensucher aber 5 Minuten lang erkennen.

Gestirnter Himmel.

In früherer Zeit boten, namentlich die bei uns nicht sichtbaren Theile des Himmels dem Reisenden in manchen Richtungen ein lohnendes Feld für seine Thätigkeit dar; in der neueren Zeit werden sie aber ebenfalls bereits so sorgfältig überwacht, dass auch auf ihnen nicht leicht ein beachtenswerthes Phänomen der Wahrnehmung entschlüpfen kann. Es könnte sich daher jetzt wohl nur mehr ein Liebhaber astronomischer Beschäftigung, durch ein anhaltendes, systematisches Beobachten der noch wenig bekannten Veränderlichen des Südhimmels ein bedeutendes Verdienst erwerben.

Die Thatsache, dass einzelne Gestirne und darunter auch einige der hellsten des Himmels innerhalb verhältnissmässig kurzer Perioden regelmässige Veränderungen ihres Glanzes aufweisen, scheint den Alten vollständig unbekannt geblieben zu sein. Aber selbst als Phocylides Holwarda im Jahre 1638 in der Brust des Wallfisches, an derselben Stelle, an der bereits im Jahre 1596 David Fabricius einen Stern gesehen und durch mehrere Monate bis zu seinem Verschwinden beobachtet hatte, wieder einen Stern auffand, der zuerst an Helligkeit zunahm, und hierauf abermals bis zum Unsichtbarwerden abnahm, erregte merkwürdigerweise diese auffallende Erscheinung fast gar kein Aufsehen. Sie wurde im Gegentheile von den Zeitgenossen nur sehr unvollständig beobachtet, und erst im Jahre 1660 von Hevel die Bemerkung gemacht, dass der Lichtwechsel des fraglichen Sternes, dem er den heute noch gebräuchlichen Namen Mira Ceti beilegte, innerhalb einer Periode von etwa 11 Monaten ziemlich regelmässig verlaufe. Ja es bannte nicht einmal die Entdeckung mehrerer neuer veränderlicher Sterne diese Apathie, indem erst gegen das Ende des verflossenen Jahrhunderts etwas mehr Interesse für dieselben erwachte, und namentlich J. Goodrike und E. Pigott nicht nur die bereits bekannten Variabeln sorgfältig beobachteten und die Dauer ihres Lichtwechsels genauer bestimmten, sondern auch die Anzahl derselben bedeutend vermehrten. Von nun an wurde zwar eine Zeitlang diesen räthselhaften Sternen von verschiedenen Astronomen ab und zu etwas mehr Aufmerksamkeit zugewendet, aber im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts erkaltete der Eifer wieder gänzlich, und es geriethen die Veränderlichen nochmals auf viele Jahre fast

vollständig in Vergessenheit, bis um das Jahr 1840 eine erfreuliche Wendung zum Besseren eintrat, indem sich unter der Führung von Argelander zunächst unter den deutschen, später aber auch englischen und amerikanischen Astronomen eine so lebhafte Thätigkeit auf diesem Gebiete entfaltete, dass wir jetzt wohl schon an 250 veränderliche Sterne kennen, und auch bereits von einem nicht unbedeutendem Theile derselben die Dauer und den Umfang des Lichtwechsels angeben können.

Die bekanntesten, in unseren Breiten sichtbaren veränderlichen Sterne, deren Helligkeit im Maximum die 5. Grösse übersteigt, sind die folgenden:

Name	Max. mg.	Min. mg.	Dauer d. Periode
α Cassiopejae	2.2	2.8	irregulär
o (Mira) Ceti	1.7....4	0	331.336
ϱ Persei	3.4	4.0	irregulär
β Persei (Algol)	2.3	4.0	2.867
λ Tauri	3.4	4.3	3.953
ε Aurigae	3.5	4.5	irregulär
δ Orionis	2.2	2.7	ebenso
α Orionis	1	1.4	ebenso
ζ Geminorum	3.7	4.5	10.158
α Hydrae	2.3	2.7	sehr irregulär
R Hydrae	4.5	0	447.85
δ Librae	4.9	6.0	6.983
g Herculis	4.9	6.2	irregulär
α Herculis	3.1	3.9	ebenso
R Scuti	4.7...5.7	0	ebenso
β Lyrae	3.5	4.5	12.908
R Lyrae	4.3	4.6	46....
χ Cygni	4	0	406....
η Aquilae	3.5	4.7	7.176
μ Cephei	4	5	irregulär
δ Cephei	3.7	4.9	5.366
β Pegasi	2.2	2.7	irregulär

Die Grössenangaben sind hierbei so zu verstehen, dass man sich das Intervall zwischen je zwei Grössen in 10 Theile getheilt denkt, und 0 Unsichtbarkeit mit freiem Auge bedeutet.

Auf dem bei uns nicht sichtbaren Theile des Himmels blieb η im Schiffe Argo lange Zeit hindurch der einzige mit Sicherheit als Veränderlich erkannte Stern. Er überstrahlte im Jahre 1843 eine Zeit lang alle anderen Sterne bis auf Sirius an Glanz, und ist jetzt nach und nach fast unsichtbar geworden, während gleichzeitig auch in dem grossen, ihn umgebenden Nebel bedeutende Veränderungen eingetreten sein sollen. Bei Gelegenheit der Anfertigung der Uranometria Argentina wurden aber von Gould und seinen Mitarbeitern in Cordoba eine Reihe weiterer zum Theil sehr merkwürdiger Veränderlicher aufgefunden, deren Dauer des Lichtwechsels indess bei den meisten noch nicht genauer festgestellt werden konnte. Die Hellsten darunter sind:

Name	Max. mg.	Min. mg.	Dauer d. Periode
R Dorado	5.5	6.7	.....
R Eridanus	5.4	6.0	.....
S Eridanus	4.7	5.7	.....
L_2 Argo	3.6	6.3	135. ^{T}.
R Argo	4.7	0	320.
l Argo	3.7	5	31.25
η Argo	1	0	irregulär
χ Sagittarii	4	6	7.012
W Sagittarii	5	6.5	7.593
K Pavonis	4	5.6	9.1
h' Sagittarii	5.2	6.7	.....

Bei den veränderlichen Sternen schreitet die Ab- und Zunahme des Lichtes selten gleichmässig fort: es kommen im Gegentheile bei den meisten sogenannte secundäre Maxima und Minima, d. h. Rücksprünge, bald bloss in der Zu- bald in der Abnahme des Lichtes, bald in beiden vor. Ausserdem ist die Dauer der einzelnen Perioden oft sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen, und nimmt sogar bei mehreren Sternen durch grössere Zeiträume an Länge regelmässig ab oder zu. Endlich erreichen manche Sterne nicht in jedem Maximum dieselbe Helligkeit und sinken nicht in jedem Minimum zu derselben Lichtschwäche herab. Doch kommen die meisten Veränderlichen darin überein, dass ihr Licht geschwinder zu- als abnimmt, und dass die kleinste Lichtphase länger dauert, als die grösste.

Die Ursache dieses eigenthümlichen Verhaltens, sowie die der Veränderlichkeit überhaupt ist uns noch unbekannt. Bei vielen Veränderlichen ist es wohl am plausibelsten anzunehmen, dass sie, sowie unsere Sonne eine Rotation um ihre Axe haben, und an einer ihrer Seiten mit grossen dunkelen Flecken besetzt sind, oder mit anderen Worten, dass sich diese Sterne bereits in einem weit vorgeschrittenen Stadium der Abkühlung befinden. Dafür spricht unter anderem auch der Umstand, dass bei Weitem die meisten Veränderlichen wenigstens in einzelnen Phasen ihres Lichtwechsels eine rothe Farbe, zuweilen eine sehr intensive zeigen, und dass deren Spektrum von breiten dunkelen Banden durchzogen ist, was ebenfalls wieder auf eine geringe Temperatur ihrer Atmosphären hinweist. Uebrigens zeigen viele Veränderliche auch Erscheinungen, die sich dadurch nicht auf eine ungezwungene Weise erklären lassen: es ist daher gar nicht unwahrscheinlich, dass die Veränderlichkeit nicht bei allen Sternen denselben Grund hat.

Noch räthselhafter als die Veränderlichen sind die „neuen" und „wieder verschwundenen" Sterne, d. h. solche Sterne, welche plötzlich, zuweilen mit grossem Glanze aufleuchten, nach einiger Zeit aber wieder verschwinden. Das bekannteste Beispiel solcher Sterne, von denen schon in den Chroniken des Alterthumes öfter Erwähnung geschieht, lieferte bis vor Kurzem der Tychonische Stern, der Anfang November 1572 in einer ziemlich sternarmen Gegend der Cassiopeja aufleuchtete, und nachdem er eine Zeitlang in der Helligkeit der Venus geglänzt hatte, allmählich wieder verschwand. Ein allerdings minder auffallendes Seitenstück hierzu bot in unseren Tagen ein Stern in der Krone dar, welcher früher mehrfach als ein Stern 8. bis 9. Grösse beobachtet worden war, im Mai 1866 aber plötzlich zu einem Sterne 2. Grösse emporschnellte, um bereits nach einigen Wochen wieder auf seine frühere Grösse herabzusinken. Andere Beispiele hierfür haben wir an einem Sterne, der Ende November 1876 im Schwan erschien, und an einem, der Mitte August 1885 im Andromedanebel auftauchte, und eine Zeit lang den Charakter desselben völlig veränderte. Beide diese Sterne sind seither wieder verschwunden.

Bei veränderlichen Sternen ist vor Allem die Dauer der Periode, sowie die Amplitude und die Art des Verlaufes ihres Lichtwechsels zu erforschen. Dies kann nur durch ein an-

haltendes Vergleichen mit mehreren anderen Sternen geschehen, die ihm in den einzelnen Phasen des Lichtwechsels an Helligkeit nahezu gleichen, und womöglich so auszuwählen sind, dass ein Theil derselben heller, der andere schwächer als der Veränderliche ist. Hierbei schätzt man Helligkeitsdifferenzen gewöhnlich nach Stufen, indem man sich den Helligkeitsunterschied, um den im Mittel zwei aufeinanderfolgende Grössenklassen abstehen, in mehrere gleiche Theile getheilt denkt, und jeden derselben als Stufe bezeichnet. Es lässt sich nun allerdings nicht leugnen, dass in dem Begriffe der Stufe eine gewisse Willkürlichkeit liegt, indem jeder Beobachter sich seine eigene Skala bilden muss, und namentlich die Anzahl der Stufen, die er zwischen zwei Grössenklassen mit Sicherheit einschalten kann, von der grösseren oder geringeren Fähigkeit abhängen wird, schwache Lichtunterschiede aufzufassen. Im Allgemeinen hat man aber gefunden, dass ein normales Auge bei einiger Uebung das Intervall zwischen zwei Grössenklassen noch ziemlich sicher in 10 Theile theilen kann, so dass im Mittel eine Stufe etwa $\frac{1}{10}$ einer Grössenklasse beträgt. Uebrigens wird man unter dieser Annahme eigentlich immer nur 5 Stufen zu schätzen haben, nämlich 5 nach aufwärts und 5 nach abwärts.

Sollte ein Reisender einmal das Aufleuchten eines neuen Sternes erblicken, so wäre auch seine Lage am Himmel möglichst genau festzustellen. Dies kann in Ermangelung besserer Hilfsmittel dadurch geschehen, dass man zwei Sternenpaare aufsucht, deren jedes mit dem neuen Sterne in einem grössten Kreise liegt. Der Durchschnittspunkt dieser beiden Kreise giebt den Ort des Sternes mit sehr erheblicher Genauigkeit.

Dämmerung.

Mit der Besprechung der Dämmerung eröffnen wir die Besprechung einer Gruppe von Erscheinungen, welche durch unsere Atmosphäre bedingt werden, und daher mehr in das Gebiet der Meteorologie und Physik, als in das der Astronomie gehören, deren Erforschung aber bisher fast ausschliesslich den Astronomen zugefallen ist, weil diese einerseits gewöhnlich die geeignetsten Mittel zu einer zweckmässigen Beobachtung dieser Phänomene besitzen, und weil andrerseits ein Theil derselben, wie die Dämmerung und Refraction, die astronomischen Beob-

achtungen unmittelbar beeinflusst. Allein gerade diese Zwitterstellung ist vielleicht eine der Hauptursachen, warum diese Phänomene noch in vielfacher Beziehung ziemlich mangelhaft bekannt sind, da der Astronom, deren Erforschung nicht als seine Hauptaufgabe betrachten kann, und sie daher nur nach jener Richtung studirt, die für ihn das meiste Interesse darbietet.

Der Verlauf der Dämmerung gestaltet sich in verschiedenen Zonen sehr verschieden, und ist in unseren Breiten, nach den sehr sorgfältigen Beobachtungen von W. v. Bezold, sofern nicht Wolken die Vorgänge störend beeinflussen, im Allgemeinen der folgende.

1) Auf jener Seite des Himmels, an welcher sich unterhalb des Horizontes die Sonne befindet, erscheint ein helles Segment, welches von den höheren Theilen des Firmamentes durch eine besonders helle Zone — den Dämmerungsschein — geschieden ist. Oberhalb dieser Zone nimmt der Himmel eine blaue oder auch purpurne Färbung an; unterhalb derselben herrschen gelbe, orange — am Horizonte sogar braunrothe Töne vor.

2) Auf der entgegengesetzten Seite des Himmels zeigt sich ein dunkeles, von einem matten rothen Saume eingefasstes Segment. Es ist dies der aschfarbene Schatten der Erde, der sich, so lange er nur einige Grade über dem Horizonte steht, sehr scharf von dem noch oder schon von der Sonne erleuchteten Theile des Himmels, der sogenannten Gegendämmerung abhebt.

3) Längere Zeit vor Sonnenaufgang, oder nach Sonnenuntergang entwickelt sich oberhalb des hellen Segmentes eine schwach leuchtende, kreisförmige, zur Zeit ihrer grössten Helligkeit einen ansehnlichen Durchmesser besitzende Scheibe von rosenrother, d. h. blass purpurrother Färbung, die v. Bezold als Purpurlicht bezeichnet. Der untere Theil der Scheibe dieses Purpurlichtes scheint hinter dem hellen Segmente versteckt zu sein, und das Centrum derselben sinkt bei der Abenddämmerung sehr rasch, wobei gleichzeitig der Radius stark wächst, so dass sich schliesslich die Begrenzung der Scheibe mit jener des Segmentes vereinigt. Man hat dabei den Eindruck, als ob das Purpurlicht hinter das helle Segment hinabgleite. Zur Zeit seiner intensivsten Entwickelung nimmt die Helligkeit im Allgemeinen sehr lebhaft zu, so dass Gegenstände wieder erkennbar werden,

die bald nach Sonnenuntergang nicht mehr unterscheidbar waren. Dies gilt besonders von Objecten, welche sich auf der dem hellen Segmente gegenüberliegenden Seite des Horizontes befinden. Solche Gegenstände, die zuerst von der untergehenden Sonne scharf beleuchtet waren, dann aber von dem dunkelen Segmente beschattet wurden, erscheinen um diese Zeit noch einmal mit schwach röthlichem Lichte übergossen.

Das Maximum dieser zweiten Beleuchtung tritt in den Alpen ein, wenn die Sonne sich 4° bis 5° unter dem Horizonte befindet: das Centrum des Purpurlichtes liegt um diese Zeit etwa 18° über dem Horizonte, während sich dessen Scheitel zu einer Höhe von 40° bis 50° erheben kann.

4) Sowie das Purpurlicht hinter dem hellen Segmente verschwindet, erscheint an der gegenüberliegenden Seite des Himmels ein zweites dunkeles Segment. Bald entwickelt sich über dem immer tiefersinkenden ersten hellen Segmente, ebenfalls noch ein zweites, von dem ersten jedoch nur schwer unterscheidbares, und bei sehr klarem Himmel kann man später dann und wann auch noch ein zweites Purpurlicht und damit ein abermaliges Anwachsen der Helligkeit, also eine dritte Beleuchtung der auf Seite der Gegendämmerung gelegenen Gegenstände beobachten.

Am Morgen treten ebenfalls sämmtliche Erscheinungen, aber in entgegengesetzter Reihenfolge ein.

In geringeren Breiten, namentlich aber zwischen den Wendekreisen, sind alle Phasen der Dämmerung schärfer ausgeprägt, und die ganze Erscheinung bietet dort ein noch viel prächtigeres Schauspiel dar, als bei uns, weil während derselben in buntem Wechsel, rasch nach einander die verschiedenartigsten Färbungen auftreten. So stellt sich nach Liais die Dämmerung unter dem Aequator folgendermaassen dar. Fast unmittelbar nach dem Untergange der Sonne zeigt sich im Osten eine rosenrothe Färbung, unterhalb welcher bald darauf ein dunkles, häufig, grünlich gefärbtes Segment zum Vorschein kommt. Die rosenrothe Färbung breitet sich rasch gegen Norden und Süden aus, und wird etwa 11 Minuten, nachdem sie im Osten aufgetreten, auch bereits im Westen bemerkbar. Um diese Zeit ist überhaupt der ganze Himmel rosenroth gefärbt, mit Ausnahme des Horizontes im Osten, wo ein dunkles graublaues, und im Westen, wo ein weisses Segment auf demselben aufliegt. Die rothe Färbung

im Osten wird nun immer schwächer und verschwindet 8 Minuten später vollständig, während sich im Westen um das weisse Segment ein lebhaft roth gefärbter Saum bildet, von dem das Azurblau des darüber befindlichen Himmels sich in einem Glanze und einer Tinte abhebt, die unmöglich beschrieben werden können. Dieses Segment senkt sich nach und nach gegen den Horizont herab, färbt sich dabei intensiv roth oder roth-orange, und geht unter, wenn die Sonne eine Tiefe von 11°.7 erreicht hat.

Wenn der eben besprochene Bogen gerade im Untergange begriffen ist, tritt fast gleichzeitig am ganzen Himmel neuerdings ein rosenrothes Licht auf. Nur das Zenith bleibt fortwährend blau oder vielmehr tief dunkelblau, da die Helligkeit bereits sehr gering ist. So wie die Sonne noch tiefer hinabsteigt, verschwindet auch diese zweite Röthung zunächst im Osten und zieht sich dann langsam gegen Nord und Süd zurück, so dass sie schliesslich am westlichen Himmel wieder zu einem gedrückten Segmente mit einem weisslichen Bogen im Innern zusammenschrumpft. Endlich geht auch dieses Segment, das bei seiner Annäherung an den Horizont sich immer mehr röthet, unter, wenn die Sonne 18°.3 unter den Horizont gesunken ist, und schliesst damit die Dämmerung.

Die oben unter No. 3 als Purpurlicht erwähnte Nachdämmerung scheint an der östlichen Küste Südamerikas in besonderer Pracht aufzutreten, indem dort nach H. Burkhardt-Jetztler, wenn schon Dunkelheit herrscht, und Sterne bis zur 3. Grösse mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können, das Tageslicht plötzlich wieder aufleuchtet, und der ganze Westhimmel ein helles Licht ausstrahlt, als ob ihn eine unsichtbare Sonne auf's Neue beleuchte. Diese Erscheinung zeigt sich jedoch nur bei sehr reiner Atmosphäre, nach starkem Thaufalle, nach Regen und Gewittern, in deren Folge sich die Luft abkühlt und der Wasserdünste entledigt.

Im Herbste des Jahres 1883 traten bald nach den Vulcanausbrüchen in der Sundastrasse, die mit der furchtbaren Eruption des Krakatau einen so beklagenswerthen Abschluss fanden, ganz merkwürdige Erscheinungen auf, die hauptsächlich innerhalb der Tropengegenden durch eine, an einzelnen Orten mehrere Wochen lang andauernde eigenthümliche grüne, blaue oder rothe Färbung der Sonne, zum Theil auch des Mondes eingeleitet wurden. Hierauf zeigten sich fast auf der ganzen Erde unge-

wöhnlich intensive Dämmerungen, bei denen insbesondere die Pracht, die ungewöhnlich grelle und feurige Röthe und lange Dauer der Nachdämmerungen resp. der Vordämmerungen (am Morgenhimmel) alle Beobachter in Staunen setzten.

Den eingehenden Untersuchungen und Experimenten von Prof. Kiessling zu Folge sind alles dies Erscheinungen, die durch das Vorhandensein von fremdartiger sehr fein zertheilter Materie in der Atmosphäre hervorgerufen werden, die also wahrscheinlich von den immensen Aschen- und Dunstmassen herrührten, welche beim Ausbruche des Krakatau mit ungeheurer Vehemenz bis in die höchsten Regionen der Atmosphäre geschleudert wurden, und sich dort wegen ihrer äusserst feinen Zertheilung unglaublich lange schwebend erhalten konnten.

Noch später, insbesondere in den Sommermonaten von 1884 zeigte sich, namentlich auf hohen Bergen sehr deutich ein grosser matt rostrother Ring um die Sonne, der sogar noch im Jahre 1886 zuweilen sehr merkbar sichtbar war, und vielleicht auch jetzt noch nicht ganz verschwunden ist. Auf diesen Ring als eine besonders interessante und räthselhafte Erscheinung sollten Reisende unter dem reinen Himmel der Tropen ein besonderes Augenmerk richten. Er ist am besten und auffälligsten sichtbar, wenn man die Sonne selbst durch die Hand, oder einen anderen zwischenliegenden Gegenstand, etwa ein Haus, einen Baum oder dergl. verdeckt.

Die Dauer der Dämmerung hängt in erster Linie von der Schnelligkeit ab, mit welcher die Sonne unter den Horizont sinkt; sie ist daher zwischen den Tropen viel kürzer als in höheren Breiten. Allein auch an ein und demselben Orte ist ihre Dauer in verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden, und namentlich zur Zeit der Aequinoctien bedeutend kürzer als zur Zeit der Solstitien, weil in jenen die Sonne viel rascher unter den Horizont hinabsteigt als in diesen.

Nach Bezold ist bei der Beobachtung der Dämmerung das Hauptaugenmerk auf folgende Punkte zu richten.

1) Die Höhe der Scheitelpunkte des hellen und dunkelen Segmentes zu verschiedenen Zeiten.

Die Messungen hierüber sollten mindestens so oft gemacht werden, dass sie dem Sinken oder Steigen der Sonne von $\frac{1}{2}$ Grad entsprechen. Die Messungen sind bis zum Verschwinden der

letzten Spuren des (zweiten) hellen Segmentes, welches das Ende der sogenannten astronomischen Dämmerung bezeichnet, fortzusetzen, oder bei Sonnenaufgang von diesem Zeitpunkte an zu beginnen.

2) Möglichst genaue Angabe der Höhe, in welcher das dunkele Segment bei der Abenddämmerung verschwindet, oder bei der Morgendämmerung sichtbar wird.

3) Bestimmung des Zeitpunktes eines Helligkeits-Maximums vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang, und Ermittelung des Zusammenhanges dieser Erscheinung mit den oberhalb der Sonne sich abspielenden Vorgängen, bezw. des Auftretens des Purpurlichtes.

Die Höhe der verschiedenen Segmente kann man durch die Vergleichung der Höhe ihrer Scheitel mit den Höhen bekannter Sterne und ihre azimutale Ausdehnung durch solche Sterne ermitteln, welche senkrecht über ihren Enden sich befinden. Viel einfacher und bequemer gestaltet sich jedoch die Sache, wenn man ein Meteoroskop zur Hand hat, weil man an einem solchen die gewünschten Grössen unmittelbar einstellen und ablesen kann. Scheut man hierbei die geringe Mehrarbeit nicht, nebst den Azimuten der Endpunkte der Bogen, noch das Azimut ihrer Scheitel zu notiren, so gewinnt man zugleich auch das nöthige Material zur Entscheidung der interessanten Frage, ob die Mitte der Dämmerungsbogen immer genau senkrecht über der Sonne steht, oder ob Unregelmässigkeiten in den oberen Luftschichten auch merkbare Unregelmässigkeiten in ihrer Lage nach sich ziehen.

Bei diesen Beobachtungen kommt es in erster Linie darauf an, das Auge vor Blendung und Ermüdung zu schützen. Man muss das Beobachtungsobject zuerst mit freiem Auge klar erkennen, dann aber so rasch als möglich das Meteoroskop darauf einstellen, da langes Herumsuchen, (der Blendungserscheinungen wegen), nur unsicher, und den Beobachter sehr bald unfähig macht, so wenig markirte Linien, wie die Grenze des hellen Segmentes noch einigermaassen scharf zu erkennen.

Alle Dämmerungsbeobachtungen wären übrigens um so verdienstlicher, wenn sie im Hinblicke auf die vermuthete ungleiche Dauer der Morgen- und Abenddämmerungen nicht nur am Abendhimmel, sondern auch möglichst häufig am Morgen-

himmel angestellt würden. Ebenso sollten sie womöglich durch längere Zeit fortgesetzt werden, da Messungen an verschiedenen Tagen sehr verschiedene Resultate liefern.

Zur Ermittelung der Zeitpunkte der Helligkeits-Maxima während der Dämmerung kann man sich mit Vortheil der Jäger'schen Schriftproben bedienen.

Neben diesen Beobachtungen versäume man es aber nicht, auch die verschiedenen Färbungen, welche die Dämmerung begleiten, zu beachten, namentlich dann, wenn darin eine besondere Lebhaftigkeit oder Pracht sich zeigt (ungewöhnlich starke Abend- und Morgenröthen). Ebenso sollten Beobachter innerhalb der Wendekreise ein besonderes Augenmerk auf die oben erwähnte Nachdämmerung richten, und Alles, was sie darüber sammeln können, sorgfältig notiren, da diese bisher so wenig gekannte Erscheinung für die Theorie des Dämmerungsphänomens von der höchsten Tragweite ist. In dieser Hinsicht wären schon blosse Schilderungen, allenfalls unterstützt durch Zeitangaben, sehr erwünscht.

Im Jahre 1858 machte Liais die interessante Bemerkung, dass bereits einige Zeit vor dem Beginne der Morgendämmerung am östlichen Himmel polarisirtes Licht vorhanden sei, dessen Polarisationsebene durch den Sonnenort hindurchgeht. Dies polarisirte Licht steigt allmählich höher, erreicht das Zenith beiläufig beim Beginne der Dämmerung und schreitet dann langsam gegen Westen vor. Daraus ergiebt sich, dass die Sonne schon beim Anfange der Dämmerung Schichten unserer Atmosphäre direct beleuchtet, die sich im Zenithe des Beobachtungsortes befinden, oder mit anderen Worten, dass die Höhe der Atmosphäre weit bedeutender sei, als die eigentlichen Dämmerungserscheinungen sie ergeben — eine Thatsache, die man übrigens aus anderen Phänomenen längst erschlossen hat. Indess ist die Entdeckung von Liais deshalb wichtig, weil sie ein sehr bequemes Mittel an die Hand giebt, wenigstens eine untere Grenze für die Höhe jener Luftschichten zu ermitteln, welche das Licht noch zu reflectiren vermögen, wenn auch nur noch in so geringem Grade, dass das Auge die dadurch hervorgebrachte Erhellung nicht mehr wahrzunehmen vermag. Bedenkt man nämlich, dass in der Nähe des Zenithes die Grenze des polarisirten Lichtes mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten

muss, wie die Grenze des Erdschattens, so ersieht man sofort, dass aus der Zeit, welche das polarisirte Licht braucht, um eine gewisse Winkelgrösse im Zenithe zu passiren, die Höhe der Atmosphäre berechnet werden kann. So beobachtete Liais im Jahre 1858, dass zu St. Domingos (Bai von Rio Janeiro) das polarisirte Licht in 9 Min. 40 Sec. von 20⁰ östlich bis 20⁰ westlich vom Zenithe fortrückt. Da nun unter einer Breite von 23⁰ der Erdschatten 25,9 Kilometer in einer Minute oder 250 Kilometer in 9 Min. 40 Sec. durchläuft, so folgt daraus für die Distanz, in welcher diese Grösse unter einem Winkel von 40⁰ erscheint, d. h. für die Höhe der Atmosphäre, 345 Kilometer. Diese Beobachtungen können schon mit den einfachsten Polariskopen: dem Nichol'schen Prisma und der Turmalinplatte, und zwar auf die vortheilhafteste Art ausgeführt werden. Dreht man nämlich eines dieser Polariskope, nachdem man es auf die zu untersuchende Stelle des Himmels gerichtet hat, vor dem Auge, und fixirt man dabei die kleinsten, im Gesichtsfelde eben noch sichtbaren Sterne, so werden sich diese während der Drehung mit verschiedener Intensität vom Hintergrunde abzuheben scheinen, sobald dessen Licht polarisirt ist, weil sich in diesem Falle dessen Helligkeit bei der Drehung des Polariskopes ändert. Ist jedoch das Licht des Hintergrundes nicht polarisirt, so afficirt die Drehung des Polariskopes seine Helligkeit nicht, und in folgedessen ebensowenig die scheinbare Lichtstärke der Sterne. Derartige Beobachtungen scheinen aber eigenthümlicher Weise trotz ihrer Einfachheit und hohen Wichtigkeit seither nie mehr ausgeführt worden zu sein: es wäre daher eine Wiederholung derselben sehr erwünscht.

Mit den Dämmerungsbeobachtungen können sehr leicht auch Beobachtungen über das früheste und späteste Erscheinen der Mondsichel am Abend- und Morgenhimmel verbunden werden. Diese Beobachtungen haben heute allerdings nicht mehr die Bedeutung, welche sie in früheren Zeiten hatten: allein sie besitzen immerhin einiges Interesse, weil einzelne Wahrnehmungen die Zeiten der ersten und letzten Sichtbarkeit des Mondes seiner Conjunction mit der Sonne viel näher zu rücken scheinen, als man gewöhnlich annimmt. Hingegen hätten Beobachtungen heliakischer Auf- und Untergänge auch heute noch einen praktischen Werth, namentlich wenn sie längere Zeit hindurch an den Kulturstätten des Alterthumes systematisch fortgeführt wür-

den, da eine genaue Kenntniss des heliakischen Auf- und Unterganges einiger der hellsten Sterne das Verständniss und die Interpretation gar mancher Stelle in den alten Klassikern wesentlich fördern würde. Ebenso wäre eine genauere Prüfung der seit dem Anfange unseres Jahrhunderts mehrfach geäusserten Meinung, dass die Intensität des Erdlichtes im Monde davon abhängig sei, ob das Licht von der oceanischen oder vorwiegend continentalen Seite der Erde reflectirt wird, nicht ohne Wichtigkeit, und könnte ein schätzbares Material für manche photometrische Untersuchung liefern.

Refraction.

Von den mannigfachen Erscheinungen, welche die Refraction des Lichtes darbietet, wollen wir uns jenen Theil herausfassen, welcher als astronomische Refraction bezeichnet wird und die sogenannte terrestrische Refraction ganz bei Seite lassen. Was nun die astronomische Refraction betrifft, so ist ihre Constante, oder was auf dasselbe hinauskommt, ihre Grösse im Horizonte, noch keineswegs so genau bekannt, als man in der Regel annehmen dürfte, noch weniger Sicheres aber wissen wir über das Gesetz, nach welchem sich die Horizontalrefraction mit Temperatur und Luftdruck ändert, und über den Betrag, auf welchen sich diese Aenderungen belaufen können. Selbstverständlich ist hier nur von den Mittelwerthen aller dieser Grössen die Rede, von denen einzelne Beobachtungen stets bedeutende Abweichungen zeigen werden, da die vielfachen Störungen in den untersten, das Licht am meisten brechenden Luftschichten auch vielfach Unregelmässigkeiten der Refraction in der Nähe des Horizontes nach sich ziehen müssen.

Man kann nun einem Reisenden allerdings nicht zumuthen, eigentliche Refractionsbeobachtungen anzustellen, allein trotzdem möge es erlaubt sein, hier darauf hinzuweisen, dass über verschiedene, die Refraction betreffende Fragen nähere Aufschlüsse zu erhalten wären, wenn an verschiedenen Orten eine Reihe von Gestirnen aus beträchtlichen Höhen bis zu ihrem Untergange, oder von ihrem Aufgange bis in beträchtliche Höhen verfolgt und diese Beobachtungen längere Zeit hindurch fortgeführt würden. Dabei würde es sich empfehlen, manchmal auch die ganze Curve zu beobachten, die ein Stern von seinem

Aufgange bis zu seiner Meridianpassage, oder von dieser bis zu seinem Untergange beschreibt und hierzu womöglich solche Sterne auszuwählen, welche einige Stunden nach Sonnenuntergang aufgehen oder einige Stunden vor Sonnenaufgang untergehen, weil in diesem Falle die Beobachtungen gerade jenen Zeitraum umfassen würden, in dem im Allgemeinen die grösste Regelmässigkeit in der Anordnung der atmosphärischen Schichten herrscht. Ein besonderes Interesse würden übrigens Refractionsbeobachtungen von höher gelegenen Stationen besitzen, an denen man die Gestirne bis unter den wahren Horizont verfolgen und dadurch auch etwas Näheres über die noch so gut wie unbekannten Refractionen in Zenithdistanzen über 90° erfahren könnte.

Indess kann auch ein Reisender ohne genauere Instrumente schöne Beiträge zur Kenntniss der Refraction liefern, wenn er auf einer weiten Ebene, oder noch besser am Meeresstrande die Auf- und Untergangsmomente der Sonnen- und Mondränder, oder die Untergänge der helleren Planeten und Fixsterne beobachtet: die letzteren mit Hülfe eines kleinen Fernrohres, um sie bis an den Horizont sehen zu können. Dabei darf er aber nicht vergessen, die Höhe seines Auges anzugeben (wegen der Depression des Horizontes) und den Stand der meteorologischen Instrumente sorgfältig zu notiren. Ferner soll er nicht versäumen, unregelmässige Refractionserscheinungen, wie z. B. eigenthümliche Deformationen der Sonnen- und Mondscheibe während des Auf- oder Unterganges, und namentlich die Fälle von lateralen Refractionen in ihren Einzelheiten genauer zu beschreiben.

Wenn auch nicht in einem unmittelbaren Zusammenhange mit, so doch in einer gewissen Beziehung zur Refraction steht das Funkeln oder Scintilliren der Sterne. Man versteht darunter bekanntlich die raschen, und wenn sie sehr stark auftreten, gewöhnlich mit Farbenänderungen verbundenen Fluctuationen im Glanze und in der scheinbaren Grösse, welche die Sterne im Allgemeinen, besonders auffällig aber in der Nähe des Horizontes zeigen.

Nach den umfassenden von Prof. K. Exner an der Wiener Sternwarte angestellten Untersuchungen ist die Ursache des einfachen Funkelns in den Brechungen zu suchen, welche die Strahlen durch die wechselnden Unregelmässigkeiten der Atmosphäre erfahren, während die Farbenscintillation aus dem Zu-

sammenwirken der unregelmässigen Brechungen mit der regelmässigen atmosphärischen Strahlendispersion entsteht.

Für das unbewaffnete Auge ist das Funkeln bei den Sternen erster Grösse sehr auffällig; bedeutend geringer schon bei denen zweiter Grösse, und wird bei den schwächeren allmählich ganz unmerklich. Doch wechselt die Lichtstärke der Sterne, bis zu denen das Funkeln bemerkt werden kann, Tag für Tag, je nachdem dasselbe im Ganzen genommen stärker oder schwächer ist.

In unseren Gegenden ist in Nächten, in denen die Sterne stark funkeln, das Funkeln selbst im Zenithe noch sehr merkbar, und nur in Nächten, in denen es schwach ist, zeigen Sterne im Zenithe und in der Nähe desselben keine Spur davon. Allein auf hohen Bergen, ferner in den Aequatorialgegenden und auch in Ländern grosser Trockenheit sollen die Sterne in einem bedeutend schwächeren Maasse und bloss in der Nähe des Horizontes funkeln. Doch können wir darüber noch nichts Näheres angeben, da diese Resultate nur aus vereinzelten Wahrnehmungen verschiedener Reisenden gezogen sind. Es wäre daher sehr zu wünschen, dass bald grössere systematisch angestellte Beobachtungsreihen aus verschiedenen Gegenden der Erde vorliegen würden, über das Verhalten des Funkelns bei grosser Hitze und Trockenheit (Wüsten- und Steppengegenden), intensiver Kälte (Polargegenden während der monatelangen Nacht und Ostsibirien in heiteren Winternächten) oder hohem Dampfgehalte der Luft etc.

Von den Planeten nimmt man gewöhnlich an, dass sie gar nicht oder höchstens sehr schwach funkeln: doch gilt dies nur für Jupiter und Saturn, denn an Mars, Venus und namentlich Merkur zeigt sich diese Erscheinung oft in sehr hohem Grade. Uebrigens sollen auch zwischen den einzelnen Sternen individuelle Unterschiede im Scintilliren vorkommen, und insbesondere die rothen Sterne schwächer funkeln als die weissen: indess bedarf es zur Feststellung dieser und ähnlicher Verhältnisse noch zahlreicher Beobachtungen.

Nach den Erfahrungen von Ch. Dufour, welcher sich mit derartigen Beobachtungen vielfach beschäftigt hat, ist es das Zweckmässigste, das Funkeln der Sterne ohne jegliches Instrument, bloss mit dem freien Auge zu beobachten und die Stärke desselben durch eine Zahl zu bezeichnen, ebenso wie man in der Meteorologie den Grad der Bewölkung oder die Stärke des

Windes durch Zahlen ausdrückt. Dufour glaubt, dass man bei einiger Uebung sehr wohl 10 Grade in der Stärke des Scintillirens unterscheiden könne, und bezeichnet demgemäss mit 0 ein ganz unmerkliches, mit 10 das stärkste Funkeln, das vorkommt und dadurch charakterisirt ist, dass die Sterne zu hüpfen, bedeutende Farbenänderungen zu erleiden und manchmal sogar ganz zu verschwinden scheinen. Ein solches Funkeln findet nur hart am Horizonte statt und gehört auch dort noch zu den seltenen Vorkommnissen.

Ueber die Abgrenzung der einzelnen Zwischenstufen lässt sich nichts Näheres angeben: sie muss dem eigenen Ermessen jedes Beobachters anheimgestellt werden. Es wird daher auch stets eine gewisse Unsicherheit bei der Vergleichung der Resultate verschiedener Beobachter zurückbleiben; indess ist trotzdem diese Art der Aufzeichnung bei Weitem jener vorzuziehen, nach welcher der Grad des Scintillirens bloss durch die noch weit elastischeren Ausdrücke stark, schwach, unmerklich u. dgl. angegeben wird.

Von Nebenumständen, welche wohl zu beachten sind, sei erwähnt, dass Dämmerung und Nähe von Wolken das Funkeln fast immer verstärkt, und dass Mondschein die Güte der Beobachtungen sehr beeinträchtigt. Sind daher Beobachtungen unter solchen Verhältnissen angestellt worden, so sollte dies stets bemerkt werden.

Dem Funkeln der Sterne in gewisser Beziehung ähnlich ist das sogenannte Sternschwanken, welches in eigenthümlichen Ortsveränderungen der Sterne besteht, die sich auf mannigfache Weise manifestiren. Die Sterne scheinen entweder Kreise oder Ellipsen, deren Durchmesser zuweilen bis auf mehrere Grade steigen, zu beschreiben — oder mehr fortschreitend von links nach rechts, oder von oben nach unten sich fortzubewegen, an dem äussersten Punkte eine Zeitlang zu verweilen und dann dem Anfangspunkte wieder zuzueilen — oder endlich unregelmässig geschlängelte Linien nach verschiedenen Richtungen zurückzulegen, jedoch immer so, dass sie zum Ausgangspunkte wieder zurückkehren.

Nach den Untersuchungen von Schweizer ist in den meisten Fällen diese Erscheinung rein subjectiver Natur und steht mit der Ermüdung des Auges beim längeren scharfen Fixiren eines

Gegenstandes in innigem Zusammenhange. Denn nicht nur konnten er und mehrere Mitbeobachter die Erscheinung des Sternschwankens stets dadurch hervorrufen, dass sie einen Stern längere Zeit hindurch unverwandt anblickten, sondern es war diese Erscheinung überdies in ein und demselben Momente für einen jeden Beobachter eine andere (indem z. B. der eine den Stern zeigen, der andere ihn fallen, ein dritter ihn einen Kreis beschreiben, ein vierter ihn stille stehen sah etc.) und konnte auch jeden Augenblick durch ein rasches Blinzeln mit den Augenlidern unterbrochen werden. Indess ist es doch immerin noch fraglich, ob alle bisherigen Wahrnehmungen des Sternschwankens sich auf analoge Weise erklären lassen. Es wäre daher sehr erwünscht, bei einem etwaigen Auftreten dieser Erscheinung durch das oben angegebene Mittel sich zu überzeugen, ob das Phänomen ein subjectives ist oder nicht, und im letzteren Falle die Einzelheiten desselben genau anzugeben.

Schliesslich seien dem Reisenden noch Beobachtungen über die Absorption des Lichtes in der Atmosphäre, vorzüglich in der Nähe des Horizontes empfohlen. Diese Beobachtungen sind insofern wichtig, als sie uns die relative Durchsichtigkeit der Luft in verschiedenen Gegenden der Erde kennen lehren, und können am einfachsten durch Vergleichung der Helligkeit der grösseren Sterne bei tiefem Stande mit Sternen in der Nähe des Zenithes angestellt werden.

Polarlichter.

Das letzte Phänomen, auf dessen Beobachtung wir Reisende aufmerksam machen wollen, sind die Polarlichter, welche man bekanntlich je nach der Hemisphäre, in der sie sichtbar sind, als Nord- oder Südlichter bezeichnet. Von diesen sind begreiflicherweise die Nordlichter am häufigsten und sorgfältigsten beobachtet worden; doch ist uns auch über die ersten Stadien und die allmähliche Ausbildung eines Nordlichtes nur so viel bekannt, dass der nördliche Horizont kurz vor dem Auftreten eines solchen gewöhnlich ein schmutziges, dunstartiges Aussehen gewinnt und dass die schmutzig gefärbte Partie des Himmels nach und nach die Gestalt eines dunkeln Bogens annimmt, der sich in unsern Breiten meist nur bis zu einer Höhe von 5° bis 10° erhebt und von einem auf der obern Seite ver-

waschenen Lichtsaume begrenzt wird. Das dunkle Segment ist übrigens keine Wolkenbank, da die Sterne ohne bedeutende Lichtschwächung durch dasselbe hindurchschimmern. In hohen nördlichen Breiten scheint während dieses Entwicklungs-Stadiums öfters der ganze Himmel von einem rauchartigen Nebel erfüllt, und noch näher gegen den Pol hin sieht man das dunkle Segment am südlichen Horizonte aufruhen.

In der weiteren Ausbildung zeigen namentlich intensivere Polarlichter eine so grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, dass eine auch nur halbwegs erschöpfende Beschreibung derselben den Rahmen dieser Zeilen weit übersteigen würde. Die auffälligsten und am öftesten wiederkehrenden Phänomene bezeichnet man als: Lichtbogen, Strahlenschiessen, Gewölk, Büschel, Flammen u. dgl. Dabei ist die ganze Erscheinung in steter Bewegung begriffen und zwar theils in tremulirender, theils in undulirender, theils in mehr oder minder rasch fortschreitender. Nur ein Gebilde, die Krone, welche übrigens in mittleren Breiten selten und bloss bei vollständig ausgebildeten Polarlichtern sich zeigt, nimmt an der allgemeinen Bewegung nicht Theil: bis zu ihr hinan schiessen die Strahlen und Flammen von allen Seiten, aber nie über sie hinaus, und nie wird sie von den Strahlenbogen bedeckt, wenn diese auch nördlich und südlich von ihr in der heftigsten Bewegung sind.

Die Krone hat für die Polarlicht-Strahlen dieselbe Bedeutung, wie der Radiationspunkt für eine Gruppe zusammengehöriger Sternschnuppen: sie ist nämlich jener Punkt, nach welchem der Perspective gemäss die unter sich parallelen Polarlicht-Strahlen zu convergiren scheinen, und lehrt uns, dass diese Strahlen im Allgemeinen der Inclinationsnadel parallel angeordnet sind, da ihr Centrum dem magnetischen Zenithe stets sehr nahe liegt. Damit stimmt auch die beim Ueberwintern von arktischen Expeditionen häufig beobachtete Thatsache, dass mit der Annäherung an die magnetischen Pole die Richtung der Sichtbarkeit der Polarlichter immer unregelmässiger wird und nach der Ueberschreitung der magnetischen Pole sich geradezu umkehrt. Die Krone beweist ferner am augenfälligsten, dass die Polarlichter zu den tellurischen Erscheinungen gehören, da ihre Lage in Bezug auf den Horizont im Laufe der Nacht ungeändert bleibt, zum Zeichen, dass das ganze Phänomen an der täglichen Rotation der Erde theilnimmt. In neuerer Zeit ist

es überdies Lemström gelungen, Polarlichter künstlich zu erzeugen, und die von ihm noch weiter fortgeführten Untersuchungen versprechen uns schon in einer vielleicht sehr nahen Zukunft über manche bisher noch dunkele Frage Licht zu verbreiten. Uebrigens will man auch mehrfach einen Zusammenhang des Nordlichtes mit gewissen Wolkenformen, ja sogar eine Art gegenseitigen Vertretens von Polarbanden und Nordlicht beobachtet haben. Doch ist eine solche innige Wechselwirkung schwer zu begreifen, da der Polarlichtprocess, wenigstens in mittleren Breiten, stets in den höchsten Regionen unserer Atmosphäre vor sich geht. Nur in den Polargegenden soll die Lichtentwickelung ausnahmsweise in die tiefern Schichten der Atmosphäre und sogar ganz nahe an die Erdoberfläche herabsteigen: indessen ist bei den meisten hierfür angeführten Beobachtungen die Möglichkeit einer optischen Täuschung nicht ausgeschlossen.

Schwache Polarlichter zeigen meist eine weisse oder blassgelbe Farbe. Gestaltet sich jedoch die Erscheinung zu einer glänzenden, dann weist der Himmel gleichzeitig eine grosse Varietät von Farbentönen auf. Einige Partien desselben sind weiss mit einem Anflug von grün, andere blass — oder strohgelb, während noch andere eine röthliche, selbst blutrothe Färbung annehmen. Zugleich wechseln diese Farben beständig ihre Lage und Intensität. Ebenso kommt es sehr häufig vor, dass ein Polarlicht nicht bloss in einzelnen Theilen, sondern allmählich ganz verblasst und fast vollständig verschwindet, plötzlich aber in seinem vollen oder selbst in verstärktem Glanze wieder aufleuchtet. Ein derartiges Schauspiel kann sich bei starken Erscheinungen sogar 3 bis 4 mal in einer Nacht wiederholen.

Das Spectrum des Nordlichtes besteht in seiner vollsten Entwickelung aus 7 hellen Linien, von denen eine im Roth, eine andere im Blau und 5 im Grün sich befinden. Die ganze letztere Gruppe, namentlich aber die hellste Linie derselben, ist am leichtesten sichtbar, schwieriger schon die rothe Linie und am seltensten die blaue.

Die Dauer der Polarlichter ist sehr verschieden. Manchmal währen sie bloss 1 oder 2 Stunden, manchmal die ganze Nacht, und erscheinen hin und wieder an zwei aufeinander folgenden Nächten unter Umständen, welche annehmen lassen, dass der

Lichtprocess ununterbrochen fortgedauert und lediglich das Dazwischentreten des Tages seine Sichtbarkeit gehindert habe. In der That hat man auch in der neuesten Zeit, wo man derartige Vorkommnisse aufmerksamer verfolgt, schon mehrfach Erscheinungen wahrgenommen, die ganz den Charakter eines Polarlichtes, wie es sich am Tage zeigen müsste, trugen.

Die Polarlichter erscheinen am häufigsten in höheren Breiten, und sind zwischen den Wendekreisen so gut wie unbekannt. Doch kennen wir das Gesetz ihrer Vertheilung nur für die Nordlichter etwas genauer. Für diese zieht die Linie der Maximalfrequenz nördlich von Nischney-Kolymsk und nahe an der Barrow-Spitze vorbei über den Bärensee, durch den nördlichen Theil der Hudsonsbai, über Labrador, südlich vom Kap Farewell zwischen Schottland und Island durch und wendet sich gegen das Nordkap, von wo sie bis zu ihrem Anschlusse an unseren Ausgangspunkt nicht weiter verfolgt werden kann. Dies- und jenseits dieser Linie werden die Lichtentwickelungen desto seltener, einförmiger und weniger prächtig, je weiter man sich von ihr entfernt. Ueber die Lage der analogen Linie für die Südlichter wissen wir noch nichts Näheres.

Polarlichter werden oft gleichzeitig über einen grossen Theil der Erde gesehen. So wurden beispielsweise die Nordlichter vom 28. August und 2. September 1859 in ganz Europa und in Amerika vom 20. Breitengrade bis zu unbekannten nördlichen Gegenden beobachtet, während das Sichtbarkeitsgebiet der grossen Nordlichter vom 25. October 1870 und 4. Februar 1871, welche namentlich in Mitteleuropa einen ungewöhnlichen Glanz entfalteten, kaum minder ausgedehnt war. Dazu kommt noch, dass jedes grosse Südlicht, von dem wir bisher Kenntniss erhielten, auch von einem grossen Nordlichte begleitet war. Es dürfte daher die Behauptung nicht ungerechtfertigt erscheinen, dass intensive Polarlichter stets gleichzeitig an beiden magnetischen Polen der Erde auftreten.

Obwohl Nordlichter zu allen Stunden der Nacht erscheinen, tritt ein Maximum der Frequenz derselben doch für die meisten Orte der Erde einige Stunden vor Mitternacht ein, wobei indessen mit zunehmender Breite, namentlich in den Meridianen von Amerika, eine Verspätung statt hat. Für die südliche Halbkugel fehlen bis jetzt noch die nöthigen Beobachtungen zur Constatirung einer ähnlichen täglichen Periode in der Frequenz

der Südlichter. Hingegen lässt sich eine jährliche Periode, nach welcher zur Zeit der Aequinoctien eine grössere Zahl solcher Phänomene auftritt, als zur Zeit der Solstitien, auch in den Verzeichnissen der Südlichter trotz ihrer grossen Unvollständigkeit nicht verkennen. Ausser dieser täglichen und jährlichen Periode lässt sich aber in der Häufigkeit der Polarlichter noch eine längere Hauptperiode von etwa 55 Jahren nachweisen, welche mit der gleichlangen Hauptperiode der Sonnenflecken in inniger Beziehung steht und so wie diese in 5 secundäre Perioden von nahezu 11 Jahren zerfällt.

Bei der Eingangs erwähnten grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche Polarlichter darbieten, ist es schwer, alles das detaillirter anzugeben, dessen Beobachtung wünschenswerth wäre: es ist daher das Beste, wenn ein Beobachter alles sorgfältig notirt, was ihm dessen werth scheint. Insbesondere aber sollte er den Verlauf der Bildung eines Polarlichtes von den ersten Anfängen an recht genau verfolgen, und sobald das dunkele Segment sich zu zeigen beginnt, namentlich das Augenmerk darauf richten, ob es sich auf einmal mit dem Lichtsaume umgiebt, oder ob dieser an einzelnen Stellen früher auftritt als an anderen. Dieselben Beobachtungen sind auch beim Verschwinden des Polarlichtes auszuführen. Ferner ist die Lage, Ausdehnung, Bewegung etc. der Lichtbogen möglichst genau zu beobachten, und sobald es bis zur Ausbildung einer Krone kommt, auch die Lage dieser. Die letztgenannten Beobachtungen haben deshalb ein besonderes Interesse, weil man in der neueren Zeit Methoden aufgefunden hat, aus der Amplitude und Höhe der Lichtbogen, sowie aus der Lage der Krone, allein, ohne Hinzuziehung anderer korrespondirender Beobachtungen, die Höhe des Herdes der Strahlenbildung über der Erdoberfläche wenigstens näherungsweise zu berechnen.

Die Feststellung der Lage und Ausdehnung der Lichtbogen kann durch Einzeichnen ihres unteren, meist schärfer begrenzten Randes in Sternkarten geschehen. Doch wird man sich auch gerade hier eines Meteoroskopes mit besonderem Vortheile bedienen können, da man an einem solchen die zur Höhenbestimmung nöthigen Daten: Amplitude des Bogens am Horizonte und grösste Elevation über demselben, unmittelbar ablesen kann. Etwas ähnliches gilt auch von der Krone, weil diese, wie bereits erwähnt wurde, an der täglichen Bewegung theilnimmt,

daher ihre Lage in Bezug auf das Coordinatensystem der Höhen und Azimute nicht ändert.

Die Position der Krone wird in der Regel mit bedeutender Genauigkeit angegeben werden können, da die Polarlichtstrahlen nicht allzurasch vorübergehende, sondern oft minutenlang fast an derselben Stelle des Himmels feststehende Erscheinungen sind. Man kann daher den Anfangs- und Endpunkt und damit die Richtung einzelner verschieden gerichteter Polarlichtstrahlen mit einer namhaften Genauigkeit ermitteln und daraus den Convergenzpunkt ebenso sicher herleiten. Diese Art der Feststellung des Centrums der Krone ist dem directen Einstellen auf dasselbe deshalb vorzuziehen, weil es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Strahlen an einer Seite öfter näher an den eigentlichen Schneidungspunkt herantreten, als an der andern und dadurch dessen Lage in der Krone excentrisch wird.

Hat sich die Erscheinung des Polarlichtes bis gegen den Morgen hin erstreckt, so sollte der Beobachter nicht versäumen, sich unter Tags öfter nach Phänomenen umzusehen, welche als Fortsetzung des Lichtprocesses gedeutet werden könnten; ebenso sollte er es nicht unterlassen, alle Erscheinungen sorgfältig zu registriren, die über den vermutheten Zusammenhang zwischen Polarlichtgewölk und Cirruswolken einiges Licht verbreiten könnten. Zu weiteren Untersuchungen über die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Polarlichtern, magnetischen Störungen und Witterungsverhältnissen wird ein Reisender wohl selten genug Gelegenheit haben, da ein solches Unternehmen vor Allem einen längeren Aufenthalt an ein und demselben Orte erheischt. Wir wollen daher hier nicht näher darauf eingehen, und zum Schlusse nur noch beifügen, dass selbst das blosse Registriren des Auftretens eines Polarlichtes, ohne jede weitere Beobachtung desselben, namentlich auf der südlichen Halbkugel Werth hat, da es zu Untersuchungen über die Correspondenz zwischen Nord- und Südlichtern verwendet werden kann.

Anhang. Literaturangabe.

Dr. Fr. Argelander. Neue Uranometrie. Berlin 1843.
Dr. E. Heis. Neuer Himmelsatlas. Köln 1872.
Littrow. Atlas des gestirnten Himmels für Freunde der Astronomie. Herausgegeben von E. Weiss. Berlin 1886.
Dr. C. Behrmann. Atlas des südlichen gestirnten Himmels. Leipzig 1874.
G. Jones. Observations of the Zodiacal Light from April 2 1853 to April 22 1855. U. S. Japan Expedition. Vol. III. Washington 1856.
A. W. Wright. On the polarization of the Zodiacal Light. Amer. Journal of Science and Arts. Third Series, VII, 451.
J. V. Schiaparelli. Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen. Deutsch herausgegeben von G. v. Boguslawski. Stettin 1871.
E. Schönfeld. Katalog von veränderlichen Sternen, mit Einschluss der neuen Sterne. Mannheimer Verein f. Naturkunde XL.
W. v. Bezold. Ueber Dämmerung. Pogg. Ann. B. 123 p. 240.
J. F. Schmidt. Ueber die Dämmerung. Astr. Nach. B. 63 p. 97.
G. Neumayer. Bericht über die vulkanischen Ausbrüche des Jahres 1883 in ihrer Winkung auf die Atmosphäre. Meteorol. Zeitschrift I, 1
J. Kiessling. Ueber den Einfluss künstlich erzeugter Nebel auf directes Sonnenlicht. Meteorol. Zeitschrift I. 117.
Ch. Dufour. Instructions pour l'Observation de la scintillation des étoiles. Bull. de la Société Vaudoise des sciences natur. No. 47. Lausanne 1860.
G. Schweizer. Ueber das Sternschwanken. Moskau 1858.
H. Fritz. Das Polarlicht. Vierteljahrsschr. d. naturforschenden Ges. in Zürich. 17. Jahrg. p. 338.
M. S. Lemström. L'Aurore boréale. Étude générale des phénomènes produits par les courants électriques de l'atmosphère. Paris 1886.

Nautische Vermessungen.

Von

P. Hoffmann.

Die Vermessungen, welche in diesem Abschnitt besprochen werden, haben die Herstellung neuer oder die Berichtigung bereits vorhandener Seekarten zum Zweck. Bei ihrer Ausführung ist der Gesichtspunkt maassgebend, dass die Arbeiten am Lande den Rahmen liefern sollen für ein Netz, in welchem Alles zur Darstellung gelangt, was für Zwecke der Navigation Verwerthung findet: Der Verlauf des Küstensaums, das Relief des Meeresbodens mit den über dem Meeresniveau auftauchenden Riffen und Sänden. Für Vermessungen in heimischen Gewässern ist dieser Rahmen durch die Landesvermessungen der Culturstaaten gegeben. Dieselben gestalten sich daher zum Theil anders, als die auf Reisen anzustellenden, welche der Tendenz dieses Buches entsprechend hier allein zu berücksichtigen sind.

Die Aufgabe läuft stets darauf hinaus:

1) Die relative Lage einer grösseren Anzahl Fixpunkte durch ein Netz von Dreiecken festzulegen. (Triangulation.)

2) Dieses Netz seiner Lage nach zur Nord-Südlinie zu orientiren. (Azimut-Bestimmung.)

3) Die horizontalen Entfernungen der Fixpunkte der Triangulation untereinander festzustellen. (Basis-Messung.)

Durch diese drei Vornahmen erhält man das Gerippe für die eigentliche nautische Vermessungsthätigkeit. Unzertrennlich von jeder Küstenvermessung ist sodann die astronomische Ortsbestimmung eines oder mehrerer Punkte und die Anstellung magnetischer Beobachtungen.

Von der Darstellung des Landes auf einer Seekarte wird verlangt, dass sie Alles wieder giebt, was Verwendung finden kann zur Ortsbestimmung und zur Orientirung auf dem Wasser. Dies ist das Ziel, welches sich die nautische Vermessungs-

arbeit steckt. Was darüber hinausgeht, ist für sie Vergeudung von Zeit und Arbeitskräften. Der in Aussicht zu nehmende Maassstab der Karte ist also von wesentlichem Einfluss auf die ersten Dispositionen. Die Wahl desselben ist abhängig von praktischen Erwägungen und folgt dem Gebräuchlichen und erfahrungsmässig Festgestellten. Hierbei, wie überhaupt bei der Vermessungs-Arbeit, geben bereits vorhandene Karten ähnlicher Gebiete den besten Anhalt.

In einer Seekarte ist die relative Lage der einzelnen Punkte und die Orientirung aller Richtungen in Bezug auf die Nord-Südlinie wichtiger als die Genauigkeit der absoluten Entfernungen. In gewissen Grenzen ist daher eine einfachere Methode der Basisbestimmung zulässig, welche bei andern Vermessungen besonders grossen Zeitaufwand erfordert. Abgesehen davon, dass die Weg- und Abstandsbestimmung vom Schiff aus nur geringer Genauigkeit fähig ist, kommt hier namentlich in Betracht, dass Küstenvermessungen, wenn sie grössere Ausdehnung annehmen, sich doch stets astronomischen Ortsbestimmungen anfügen müssen.

Diese Erwägungen müssen maassgebend sein für die Auswahl einer nautischen Instrumenten-Ausrüstung. Man darf nicht von der Meinung ausgehen, dass die an Bord eines Schiffes vorhandenen Reflexions-Instrumente für gröbere Messungen gebraucht werden und darüber hinaus für Vermessungszwecke nur feinere und complicirte Instrumente beizugeben sind. Gerade für einfache und schnell durchzuführende Arbeiten ist es wesentlich, weniger feine Instrumente, aber solche mit fester Aufstellung zum Gebrauch am Lande zu haben. Ein kleiner Theodolit ohne Höhenkreis, welcher Ablesungen auf volle, höchstens halbe Minuten gestattet, ist das nützlichste Instrument für nautische Vermessungen und sollte stets in mehreren Exemplaren vorhanden sein. Erst daneben wird ein grösserer Theodolit für weitere Entfernungen willkommen sein. Selbstverständlich kann nur grösste Sorgfalt bei der Triangulation eine correcte Vermessungsarbeit verbürgen. Für weniger geübte Beobachter liegt aber gerade die Versuchung nahe, von der Feinheit des Instruments die grössere Genauigkeit zu erwarten, während umgekehrt ein anscheinend wenig leistungsfähiges Instrument zu grösserer Sorgfalt anspornt. Bei der Ausrüstung für eine Landreise ist man oft genöthigt, compendiöse vielseitig verwendbare Instrumente zu bevorzugen.

Für nautische Zwecke liegt hierzu kein Grund vor. Instrumente, welche vielen Zwecken zugleich dienen sollen, sind stets mit Misstrauen aufzunehmen. Sie bedingen fast ausnahmslos eine um so grössere Uebung des Beobachters und Sorgfalt bei der Behandlung.

Bei dem unmittelbar praktischen Zweck, welchem nautische Vermessungen dienen, ist es erwünscht, die Resultate der Arbeit Schritt auf Schritt in einer Form vor Augen zu haben, welche ein Urtheil gestattet in Bezug auf das praktisch Brauchbare des Gewonnenen. Deshalb sollte eine gute Ausrüstung an Zeichnen-Instrumenten und -Materialien in den Stand setzen, die Vermessung sogleich correct zu Papier zu bringen. Alles, was man auf graphischem Wege correct erlangen kann, sollte nicht der Rechnung zugeschoben werden, wo die Vermessung nur die Herstellung einer Karte nach begrenztem Maassstabe zum Zweck hat. Das graphische Verfahren belehrt fortlaufend darüber, ob bei den Messungen im Felde zweckmässig verfahren ist. Der Beobachter ist vorsichtiger in der Wahl seiner Bestimmungsstücke, wenn er für graphische Construction, als wenn er für eine Berechnung arbeitet.

Aus diesen allgemeinen Betrachtungen ergiebt sich, dass eine nautische Vermessung — ganz abgesehen von den rein seemännischen Anforderungen, welche bei den Arbeiten in Booten und vom Schiff aus in den Vordergrund treten — sich in wesentlichen Punkten von anderen Vermessungsarbeiten unterscheidet. Der Werth der Arbeit wird hier nach dem bemessen, was sie unmittelbar praktisch Verwendbares liefert. Jahreszeit und Witterung muss häufig auf's Aeusserste ausgenutzt werden, daher Zeitersparniss überall in den Vordergrund tritt. Andererseits sind Irrthümer mehr als anderswo verhängnissvoll, was überhaupt geliefert wird, soll auch durchaus vertrauenswerth sein. Erfahrung und Geschicklichkeit leisten daher hier Alles, und kein Buch wird denjenigen befriedigen, welcher sich gedruckten Rath sucht, um hiernach eine Vermessung in's Werk zu setzen. Wir wollen nichts destoweniger versuchen, uns im Folgenden in die Stelle eines Solchen hinein zu denken.

1. Wahl und Markirung der Fixpunkte.

Zunächst muss man sich darüber schlüssig machen, welches Gebiet vermessen werden soll. Wenn eine Abgrenzung von

vorn herein nicht angängig ist, so wird doch feststehen, ob sich die Vermessung auf den Hafen oder Ankerplatz beschränken oder ob sie weiter ausgedehnt werden soll. Ist Letzteres der Fall, so müssen von vornherein weit auseinander liegende Stationen ausgewählt werden. Man arbeitet immer sicherer und einfacher, wenn man von grossen Dreiecken auf kleine zurückgeht, als umgekehrt. Man weiss, dass gleichseitige Dreiecke die besten sind, man will ferner eine Basis messen, beides drängt auf kleine Abstände hin. Bei den ersten Dispositionen kann man aber die Wahl einer Basis zunächst auf sich beruhen lassen und richtet sein Augenmerk darauf, gut sichtbar weit von einander befindliche Stationen durch wenige grosse Dreiecke ohne zu spitze Winkel zu verbinden. Wem eigene Erfahrung nicht zu Gebote steht, der vermeide Winkel unter 25° und ziehe es vor sogar unzugängliche Punkte einzuschalten, welche nicht als Beobachtungsstationen selbst verwendet werden können. Um sich nicht zu täuschen, besucht man die zu wählenden Beobachtungsstationen selbst und bezeichnet sie so deutlich als möglich. Recognoscirung und Markirung der Stationen ist also die erste Arbeit, welche wenn möglich allen Messungen vorangeht. Azimut- und Entfernungsbestimmungen können auf der Recognoscirungsfahrt in vorläufiger Weise angestellt werden.

Bei der Wahl der Stationen sowohl, als bei der Aufstellung der Zeichen ist besonders zu berücksichtigen, dass die Theodolit-Aufstellung centrisch erfolgen soll. Die Station muss also zugänglich sein und die Markirung entweder leicht zu entfernen oder für den Theodoliten nicht hinderlich sein. Eine excentrische Winkelmessung lässt sich zwar durch Rechnung auf das Centrum reduciren, wird auch immer noch oft genug für einzelne Objecte nothwendig werden; aber jede Correction durch Rechnung ist ein Uebel und muss so lange wie möglich vermieden werden. Haufen von Steinen (cairns) mit Kalk überschüttet, sind ein beliebtes Stationsmark, bei diesen kann man die Beobachtungsstation über demselben etabliren. Demnächst sind dreibeinige Zeichen (Baken) aus Stangen mit Flagge darüber bequem, schliesslich Signalstangen, die nöthigenfalls entfernt und wieder auf dieselbe Stelle aufgepflanzt werden können. Immer aber muss man diese Signalzeichen so gross und deutlich sichtbar als möglich machen, da leicht erkennbare Hauptstationen

den weiteren Fortgang der Arbeit ungemein erleichtern. Die Farben weiss und roth sind am besten sichtbar, daher Kalk und rothes Flaggentuch die ausgiebigste Verwendung finden.

Neben der Auswahl und Bezeichnung der Hauptstationen, welche als Dreieckspunkte unterschieden werden mögen, geht die Markirung von Nebenstationen zum Zweck der Detail-Aufnahme gleich nebenher. Dieselbe kann von andern Beobachtern auf Grund ihnen mitgegebener Anweisungen erfolgen. Nebenstationen haben auf die Fortführung der Vermessung keinen Einfluss. Die Sorgfalt in ihrer Wahl in Bezug auf andere Stationen und die Bedingung der Zugänglichkeit fällt zum Theil fort. Man hat es daher mit ihrer Bezeichnung leichter. Wo eine Aenderung später nöthig wird, ist sie leicht vorzunehmen. Wünschenswerth ist jedoch, dass die meisten Punkte so bald ausgewählt werden, dass sie bei den Winkelmessungen der Hauptstationen, welche nun vorgenommen werden sollen, mit einvisirt werden können.

2. Triangulation.

Nachdem so das zunächst in Aussicht genommene Vermessungsgebiet recognoscirt und ein System von Signalzeichen hergestellt ist, beginnt die Triangulation. Wünschenswerth ist, dass auf allen Hauptstationen Theodolitaufstellungen erfolgen. Nach Maassgabe der zur Verfügung stehenden Instrumente werden mehrere Beobachter entsendet. Jeder erhält eine Anweisung, welche Stationen er besuchen, wie er die Messungen anstellen soll. Letzteres richtet sich nach dem ihm mitzugebenden Instrument. Für Theodolitenbeobachtung ist das mindeste, was für die Hauptstationen verlangt werden muss: Messung vorwärts und rückwärts, dazwischen Durchschlagen des Fernrohrs. Bei grossen Dreiecken und wenn grössere Instrumente zur Verfügung stehen, wird öfter Wiederholung beziehungsweise Repetition mit verstelltem Limbus vorgeschrieben. Abgesehen von den auf die Instrumentenbehandlung Bezug habenden Einzelheiten wird bei der Winkelmessung zweckmässig Folgendes beobachtet:

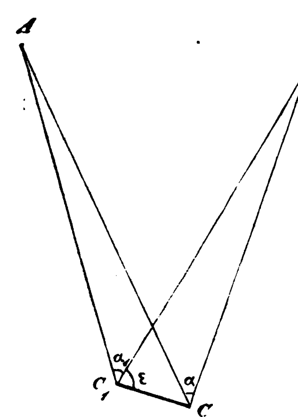
1) Unter den anzuvisirenden Punkten wird ein besonders wichtiger und scharf markirter zum Ausgangspunkt der Messung gewählt. Die Einstellung desselben bildet den Anfang und das Ende jeder Rundmessung. Es ist dabei nicht erforderlich, dass die Ablesung für diesen Punkt Null ist, aber zweckmässig, wenn

dieselbe nahe bei Null liegt, soweit man bei der Aufstellung des Theodoliten dies berücksichtigen kann.

2) Die Hauptpunkte werden gesondert in einer Rundmessung vereinigt. Erst nachdem für dieselben die im Voraus bestimmte Anzahl von Einstellungen am Instrument ausgeführt sind, beginnt man mit Einstellung der nicht zum Dreiecksnetz gehörenden Objecte.

3) Es ist rathsam, eine Skizze anzufertigen von der relativen Lage aller anvisirten Objecte, wie dieselbe vom Beobachtungsort erscheinen. In dieser Skizze sind alle bemerkenswerthen Wahrnehmungen — z. B. zwei Objecte in Deckung, ein Object nahe verschwindend oder nicht sichtbar, Verlauf von Küsten oder Flussmündungen u. dergl. — niederzuschreiben.

Wie schon erwähnt, ist auf eine centrische Aufstellung des Instruments auf der Station besonderer Werth zu legen. Wird es nöthig, für Messung einzelner vom Hauptstandort nicht sichtbaren Winkel eine Nebenstation einzunehmen, so ist Sorge zu tragen, dass man dort auch das als Ausgangspunkt der Rundmessung gewählte Object sieht. Zur Reduction der Winkel der Nebenstation C_1 (s. Figur) auf die Hauptstation C ist die Richtung und Entfernung d der Letzteren und die ungefähre Entfernung der anvisirten Objecte erforderlich. Es ist



$$\alpha = \alpha_1 + A - B.$$

worin:

$$tg\,A = \frac{d \sin(\alpha_1 + \varepsilon)}{AC}$$

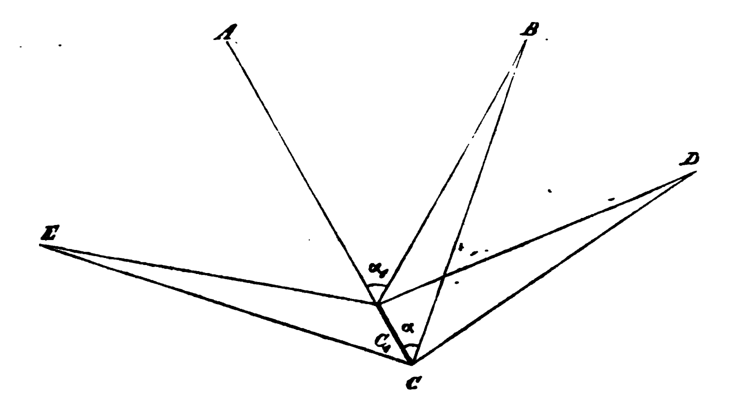
$$tg\,B = \frac{d \sin \varepsilon}{BC}$$

Es kann nun diese Correction vereinfacht werden, wenn man im Stande ist d so zu wählen, dass die Nebenstation (C_1) auf der Verbindungslinie der Hauptstation (C) und eines Hauptobjects (als Ausgangsobject der Rundmessung) (A) liegt.

Es ist dann $\alpha = \alpha_1 - B$, die Correction ist zu berechnen aus der Relation

$$\frac{BC}{d \sin \alpha_1} = ctg\,B$$

und ist negativ, so lange $\alpha_1 < 180^0$, positiv sobald $\alpha_1 > 180^0$.



Eine gewöhnliche bei Vermessungen oft nützliche Cotangententafel gestattet die Correction ohne logarithmische Rechnung direct auf 10″ genau zu entnehmen ($d \sin \alpha_1$ aus einer nautischen Tafel genügend genau). So lange d im Verhältniss zur Entfernung der Objecte sehr klein ist, braucht die Letztere nicht mit grosser Genauigkeit bekannt zu sein. Der zulässige Spielraum wird aus dem Werth der Cotangente kleiner Winkel ersichtlich. Für

$d \sin \alpha_1 = 1^m$ und $BC = 2578,^m3$ wird $B = 1' \, 20''$
$BC = 2291,^m8$ wird $B = 1' \, 30''$

Wenn man bei der Triangulation eine der Hauptstationen weder direct noch von einer excentrischen Aufstellung aus anvisiren kann, so ist es zuweilen thunlich, einen sehr nahe gelegenen andern Zielpunkt zu benutzen und diese Visur auf die Gewünschte zu reduciren. In diesem Falle braucht man als Reductionselemente die Richtung und Entfernung der in Frage kommenden Zielpunkte von einander. Der Corrections-Winkel wird dann analog erhalten aus

$$ctg\, C = \frac{BC}{d \sin \beta}$$

so lange d im Verhältniss zur Entfernung BC sehr klein ist.

Ein werthvolles Hülfsinstrument bei der Triangulation ist das Heliotrop, welches namentlich da zur Geltung kommt, wo

zwei Beobachter in Entfernungen von mehr als 3—4 Seemeilen von einander zusammen arbeiten wollen. Ein Instrument dieser Art lässt sich auf jedem Schiff ohne Weiteres zusammenstellen. Auf einem horizontalen $\frac{1}{2}$ m langen Brettchen wird an einem Ende ein Spiegel angebracht, welcher sich um eine horizontale und eine verticale Axe drehen lässt, also in jede beliebige Lage gebracht werden kann, ohne dass der Durchschnittspunkt der beiden Axen, in welchem ein kleines rundes Loch den Spiegel durchbricht, seinen Ort verändert. Auf dem anderen Ende des Brettchens befindet sich auf einer Stütze eine kurze Blechröhre, deren vom Spiegel abgewandtes Ende ein Fadenkreuz enthält und durch eine kleine innen weiss angestrichene Klappe geschlossen wird. Man sieht nun hinter dem Spiegel stehend durch das Loch des Spiegels und die Blechröhre nach dem Punkt hin, welcher das Heliotropenlicht erhalten soll, schliesst die Klappe und wendet den Spiegel so, dass das Sonnenlicht reflectirt in die Blechröhre fällt und das Loch im Spiegel als kleiner schwarzer Punkt hinter dem Fadenkreuz erscheint. Man kann dann sicher sein, dass der anvisirte Punkt das reflectirte Sonnenlicht, welches vom Spiegel aus ausserhalb der Röhre vorbeigeht, den Zielpunkt trifft. Da der Lichtkegel vom Spiegel etwa $\frac{1}{2}$ Grad einschliesst, so ist die Einstellung nicht mit grosser Schärfe erforderlich und das Einvisiren ohne Fernrohr angängig.

Bekanntlich wird ein ähnliches Instrument zum Signalisiren im Felde benutzt, und man kann durch Verdunkelung kurze und lange Blicke herstellen, welche nach vereinbartem System zur gegenseitigen Verständigung der Beobachter zu verwerthen sind. Die Benutzung des Heliotrops bei der Triangulation gestattet von der Errichtung sehr grosser Signalzeichen abzusehen und lässt jede Entfernung zu, welche überhaupt bei unseren Aufnahmen in Frage kommen kann.

3. Azimut-Bestimmung.

Während die Triangulation ihren Fortgang nimmt, ist es an der Zeit, die weiteren Beobachtungen zu bedenken, welche für Niederlegung des Netzwerks auf dem Papier noch erforderlich sind: die Azimut- und die Basis-Bestimmung.

Eine Hauptstation des Dreiecksnetzes ist als O b s e r v a t i o n s p u n k t ausgewählt worden. Derselbe muss bequem gelegen sein und vor Allem möglichst viele andere Dreieckspunkte

anzuvisiren gestatten. Hier wird durch astronomische Beobachtungen Breite, Länge und Azimut bestimmt. Für den Fortgang unserer Arbeit ist die Azimut-Bestimmung zunächst von Interesse.

Die bequemste wenn auch nicht häufig ausführbare Azimut-Bestimmung besteht darin, dass man den Theodolit Vormittags auf die Sonne einstellt, wenn die Höhe derselben sich noch stark ändert, den Horizontalkreis abliest und Nachmittags dieselbe Sonnenhöhe abwartet, um dann wieder die zugehörige Horizontalablesung zu machen. Das Mittel aus diesen beiden ist die Einstellung des Meridians am Theodoliten, wenn man die Declinationsänderung der Sonne vernachlässigen kann.

Die Declinationsänderung der Sonne wird in folgender Weise berücksichtigt: Bezeichnet d die Declinationsänderung in der Zwischenzeit t, so ist die Correction der Azimut-Differenz beider Beobachtungen: corr. $= d$ cosec $\frac{1}{2}$ t sec φ. Diese Correction wird zur zweiten (Nachmittags-) Azimut-Ablesung hinzugefügt, wenn die Sonne sich vom zugewandten Pol entfernt und abgezogen, wenn sie sich ihm nähert.

Man kann ferner durch Rechnung das Azimut eines Zielpunkts finden, indem man nach den in der Nautik üblichen Methoden aus einer mit dem Theodoliten beobachteten Sonnenhöhe das Azimut der Sonne berechnet, welches der zugehörigen Horizontalablesung entspricht. Wenn der Theodolit keinen Höhenkreis hat, so lässt sich mit Hülfe eines Chronometers auch noch das Sonnen-Azimut aus der Zeit berechnen. (Wenn kein Sonnenglas am Theodoliten vorhanden ist, so lässt sich das Sonnenbild mit dem Fadenkreuz auf einem weissen Papier hinter dem Ocular auffangen.) Vorzuziehen ist aber immer die Ableitung aus einer Höhenbeobachtung. Im letzteren Falle sollte man daher eine Sonnenhöhe mit dem Sextanten nehmen und sich von der Zeit unabhängig machen.

Mit ausschliesslicher Anwendung von Reflexions-Instrumenten misst man die Distanz (d) zwischen der Sonne und dem terrestrischen Zielpunkt, ferner die gleichzeitige Sonnenhöhe (H) und die Höhe des Zielpunkts (h). Ist letztere sehr gering, so hat man den Azimutal-Unterschied (a) zwischen Sonne und Zielpunkt als Katheten eines rechtwinkligen sphärischen Dreiecks:

$$\cos a = \frac{\cos d}{\cos H}.$$

Ist h in Betracht zu ziehen, der Zielpunkt z. B. eine Bergspitze, so findet man a aus der Formel:

$$\sin \tfrac{1}{2} a = \sqrt{\frac{\sin \tfrac{1}{2} (d + H - h) \sin \tfrac{1}{2} (d - H + h)}{\cos h \quad \cos H}}$$

das absolute Sonnenazimut berechnet man daneben aus H und der Breite.*)

Azimutbeobachtungen kommen im Laufe der Vermessungsarbeit häufig vor und sind schätzbare Beobachtungen sowohl zur Controle der regelmässigen Triangulation, als auch namentlich in den Fällen, wo eine solche auf Schwierigkeiten stösst.

Entfernte scharf markirte Bergspitzen, selbst solche, welche ganz ausserhalb des Vermessungsgebiets liegen, aber von demselben aus durch Winkelmessung ihrer Lage nach bestimmt worden sind, geben besonders häufig nützliche Richtungslinien durch Azimutbeobachtungen, namentlich bei den späteren Arbeiten zur See, Lothungen und Positionsbestimmungen von Untiefen etc. Bei der Verwendung solcher Richtungsbeobachtungen muss man aber berücksichtigen, dass die Meridiane des Zielpunktes und des Beobachtungspunktes nicht mit einander parallel laufen, also das Azimut der Richtungslinie nicht in beiden Punkten dieselbe ist. Diese Convergenz der Meridiane und die Art ihrer Berücksichtigung wird weiter unten besprochen werden, wo es sich um die Eintragung der Messungen in eine Karte handelt.

4. Basismessung.

Das Dreiecksnetz durch Azimutbestimmungen orientirt kann nun mit einem supponirten Maassstab auf dem Papier construirt werden.**) Inzwischen aber wird man sich darüber schlüssig gemacht haben, auf welche Weise man die Länge einer der Dreiecksseiten endgültig zu bestimmen gedenkt. Die directe Messung einer langen Dreiecksseite wird selten möglich und ist zeitraubend und schwierig. Das rationellste Verfahren besteht darin, dass man in der Nähe des Observationspunkts, welcher gleich mit Rücksicht darauf ausgewählt werden sollte, ein passendes Terrain aussucht und herrichtet, um dort eine gerade Linie von etwa 500 m Länge sorgfältig abzumessen.

*) Vergl. Tietjen.
**) Vergl. Jordan.

Diese eigentliche Basis wird dann durch eine besondere kleine sehr sorgfältige Triangulation mit der nächsten grossen Dreiecksseite in Verbindung gebracht. Diese kleine Triangulation wird durchweg berechnet und die daraus gewonnene Länge der grossen Dreiecksseite dient als Basis der Vermessung.

Um eine grade Linie abzustecken, richtet man mit Hülfe des Theodoliten eine Anzahl vertical in den Boden gesteckter Markirstäbe aus. Längs dieser Linie wird eine Leine straff gespannt und an derselben entlang mit 5 m langen Holzlatten oder mit einem Stahl-Messband oder mit einer Messkette die Länge der Basis abgemessen.

Man versuche nicht etwa eine 500 m lang abgemarkte straff gespannte Lothleine direct als Basislänge anzunehmen. Messlatten haben den Vorzug, dass das Terrain bei denselben weniger eben sein kann. Die Latte wird dann bei geneigtem Boden mit der Hand horizontal gehalten und mit einem Loth abgesenkelt. Man benutzt zwei verschieden gezeichnete Latten, die eine für die gerade, die andere für die ungerade Zahl, damit Fehler beim Zählen nicht vorkommen können. Sehr viel schneller auf ebenem Boden ist das Messen mit einem Stahlband. Dasselbe wird an der Leine entlang straff gespannt, das Ende von 20 m durch eine in die Erde gesteckte Stahlpinne bezeichnet, dann von dieser die nächsten 20 m ebenso gemessen u. s. f. Die Messung muss wiederholt werden und wenn sich dabei Differenzen finden, mindestens ein zweites Mal.

Sehr häufig werden die örtlichen Verhältnisse dem Abmessen einer Basis selbst in der dargestellten abgekürzten Weise ungünstig sein. 500 m ebenes Terrain in günstiger Lage zu den Dreiecken der Vermessung ist nicht immer leicht aufzutreiben oder erfordert zur Gangbarmachung viel Zeit und Arbeitskräfte. Auch die Messung selbst mit ihren Wiederholungen ist zeitraubend und nur dann von Werth, wenn man sehr grosse Sorgfalt darauf verwenden kann.

Aus diesen Gründen greift man oft zu andern Methoden einer Basisbestimmung, welche nur die Aufstellung von Beobachtern an den beiden Enden der Basis verlangen. Es sind dies 1) Messung kleiner Winkel, 2) Messung durch den Schall. Die erste Klasse umfasst sehr viele Methoden, die, zum Theil mit Hülfe besonderer Instrumente, alle darauf ausgehen, einen sehr kleinen Winkel in Verbindung mit einer sehr kleinen

gegenüberstehenden Kathete zur Berechnung der anliegenden langen Kathete zu benutzen.

Im Allgemeinen eignen sich solche Distanzmesser mit Distanzlatten von 2,5—5 m Länge zur Abmessung kleiner Entfernungen sehr gut und können ausgedehnte Anwendung finden bei Feststellung der Küstenumrisse, wo eine fortlaufende Kette kleiner Polygonseiten gemessen wird, auch z. B. bei Ausmessung eines kleinen Hafens, in welchem sich das Schiff vertäut und eine Distanzlatte unter den Klüverbaum hängt. Für Erlangung einer Basis, welche mit grösseren Dreiecksseiten verbunden werden soll, ist zu rathen, nicht kleinere Winkel als 1° und nicht kleinere gegenüberliegende Katheten als 10 m anzuwenden. Bei 500 m Distanz würde für 10 m der Winkel zwischen 1° 8′ und 1° 9′ liegen und 10″ Winkelfehler würden 1 m Distanzfehler ergeben. Einen Verticalmaassstab von circa 10 m wird man oft finden an einem Flaggenmast oder an einem Baum. Die genaue Messung desselben kann direct geschehen, indem man etwa einen Block mit Flaggenleine oben anbringt und ein mit einem Loth unten beschwertes leinenes Messband an demselben aufhisst. Oben unter dem Block und unten über dem Erdboden müssen dann deutlich sichtbare Horizontallatten angebracht sein, deren Abstand von einander man misst. In jedem einzelnen Falle wird sich die passendste Einrichtung von selbst ergeben. Sehr häufig wird man aber keine bessere Methode zur Verfügung haben, als die Messung der Masthöhe. Wenn das Schiff vor kurzer Kette liegt und der Vortop anvisirt wird, wenn ferner der Top durch einen schwarzen oder rothen Ball deutlich kenntlich gemacht ist und die verticale Entfernung der Oberkante desselben von einer scharfen Linie an der Reeling genau abgemessen ist, so kann man recht gute Resultate erhalten. Es empfiehlt sich aber die Basis gleich auf das Land zu übertragen, indem man von zwei Landpunkten, welche gegenseitig sichtbar sind, die Masthöhen misst, gleichzeitig mit dem Horizontalwinkel zwischen Mast und zweitem Landpunkt. Aus beiden Messungen erhält man die Basis an Land und ist dann unabhängig von dem Ankerplatz des Schiffes. Zu bedenken ist jedoch, dass die Messung der Masthöhe stets etwas unsicher bleibt und dass vorausgesetzt wird, dass das Schiff ganz gerade liegt.

Alle diese Messungen eines kleinen Winkels lassen sich mit dem Sextanten ausführen und zwar in derselben Weise wie

man bei der Indexbestimmung mit Hülfe des Sonnenbildes verfährt: zu beiden Seiten des Nullpunkts der Theilung. Da kleine Winkel durch geringe Fehler in der Parallelstellung der Sextantenspiegel stark beeinflusst werden, so sind Winkel unter 1^0 zu vermeiden und wenn möglich zwei Sextanten zur gegenseitigen Controle zu benutzen.

Entfernungsbestimmung durch den Schall ist nur für grössere Entfernungen anwendbar. Man wird also damit mindestens eine der grossen Dreiecksseiten direct messen. Man nimmt 3000 m als geringste zu messende Distanz für diese Methode an, welche Distanz der Schall in ungefähr 9 Secunden durchläuft. Die Geschwindigkeit v in der Secunde berechnet sich aus

$$v = 341{,}3 \text{ m} + 0{,}606\,(t^0 - 15^0),$$

worin t die Temperatur in Celsiusgraden.

Hieraus ergiebt sich sogleich, wie grossen Einfluss ein geringer Fehler in der Zeitmessung hat. Die Methode ist am bequemsten dann anzuwenden, wenn zwei Geschütze in Entfernung von mehreren Seemeilen deutlich von einnander sichtbar aufgestellt sind und man die Entfernungsbestimmung beliebig oft wiederholen kann. Gut zu messen würde also eine Basis auf dem Wasser sein, wenn die Ankerplätze zweier Schiffe die Endpunkte bilden sollen.

Bei der Zeitmessung bedient man sich am besten eines sogenannten Terzienzählers, dessen Werk durch einen Fingerdruck in Gang gesetzt und angehalten wird. Das Zifferblatt der Zeiger ist in der Regel in $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{100}$ Secunden eingetheilt. Für den in astronomischen Beobachtungen Geübten ist die Zählung nach dem halben Secundenschlag eines Chronometers und Schätzung der Zehntel-Secunden dazwischen nicht schwierig. Die oft vorgeschlagene Zählung nach einer Taschenuhr, welche 9 Schläge in 2 Secunden hören lässt, bedarf grosser Uebung und bleibt immer unsicher. Ein Beobachter, der dieses Verfahren zum ersten Mal versucht, erhält in der Regel überhaupt kein Resultat. Für Vermessungszwecke, bei welchen Distanzmessungen mit Hülfe des Schalls oft in Frage kommen können, sollte daher ein Terzienzähler einen Theil der vorzusehenden Ausrüstung ausmachen.

Es würde nun noch die Bestimmung einer Basis durch astronomische Beobachtungen zu besprechen sein. Es sollen

hier nur die Formeln gegeben werden, welche dazu dienen können, aus der geographischen Länge und Breite zweier Stationen ihre Entfernung in Metern und das Azimut dieser Verbindungslinie zu berechnen. Man hält für die kleinste so zu berechnende Basis eine Länge von 15 Seemeilen für nothwendig.

Bezeichnet man mit $\varphi - \varphi_1$ den Breitenunterschied in Bogenminuten, ebenso λ den Längenunterschied der Orte A und B, an welchen astronomische Ortsbestimmungen vorgenommen sind, so erhält man die Entfernung $AB = a$ in Bogenminuten aus der Näherungsformel:

$$a = \sqrt{(\varphi - \varphi_1)^2 + \lambda \cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2}\right)^2}$$

Man erhält dann für unsere Zwecke genügend a in Metern, indem man den erhaltenen Betrag mit 1852 multiplicirt. Sind die astronomischen Beobachtungen mit aussergewöhnlichen Mitteln auf einen erheblichen Grad von Genauigkeit gebracht, so werden genauere Formeln und Hülfstafeln zu Gebote stehen (z. B. Jordan, Vermessungskunde, Bd. II., oder Germain, Traité d'Hydrographie).

Für das Merkator-Azimut der Linie a hat man die Formel:

$$\sin\frac{\lambda}{2} \sec\frac{\varphi + \varphi_1}{2} \operatorname{cosec}\frac{a}{2} = \sin\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$$

oder

$$\frac{\lambda}{a} \sec\frac{\varphi + \varphi_1}{2} = \sin\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$$

Der Abstand a als Basis und das Azimut $\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$ setzen uns in den Stand, eine Construction auf dem Papier zu entwerfen ohne Gradnetz und ohne an die Merkator'sche Projection gebunden zu sein. Wenn zwischen A und B keine regelmässige Triangulation durchgeführt werden konnte, so giebt Richtung und Länge der Linie a nun einen festen Anhalt, um das an einzelnen Stellen unvollständige Gerippe, beispielsweise mit Hülfe einzelner Richtungslinien entfernter Bergspitzen, zu einem grundlegenden Netz zusammenzufügen.

5. Construction des Dreiecknetzes.

Hat man die Länge und das Azimut einer der Dreiecksseiten berechnet, so kann damit angefangen werden, die

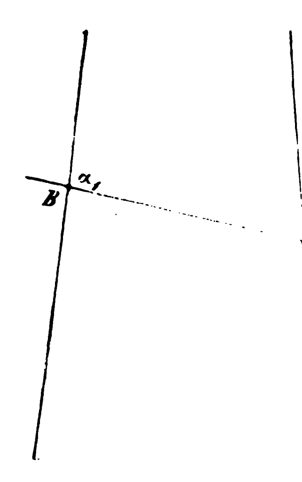
Triangulation zu Papier zu bringen. Es ist sehr angenehm, wenn hiermit begonnen werden kann, bevor weitere Vermessungsarbeiten im Detail in Angriff genommen werden. Man kann daher unter Umständen die genaue Basismessung nicht abwarten, sondern legt eine vorläufige Entfernungsbestimmung zu Grunde. Die Dreiecksseite, welche man als Basislinie in die Karte eintragen will, muss recht lang sein, es empfiehlt sich daher oft, die ersten Dreiecksseiten zu berechnen und eine grössere Entfernung für die Construction zu Grunde z legen. Der erste Punkt, welcher auf der Arbeitskarte bezichnet wird, ist ein Endpunkt dieser Basislinie. Es erfordert Ueberlegung, diesen Punkt auf dem Papier richtig zu placiren, denn durch ihn wird die Lage des ganzen Dreiecksnetzes bestimmt.

Durch diesen Punkt zieht man nahe parallel der Papierkante eine gerade Linie als Meridian und trägt an diesem das Azimut der Basislinie ab. Ist die Basislinie nach Länge und Richtung eingetragen, so ergiebt sich die weitere Construction von selbst. Jedoch ist wohl zu beachten, dass das ganze Dreiecksnetz auf diesen ersten Linien und Winkeln aufgebaut wird, dass also gerade bei weniger strengen Beobachtungsverfahren auf diese Constructionen die allergrösste Sorgfalt verwendet werden muss. Die wichtigstnn Winkel müssen nicht mit Winkel-Instrumente direct abgetragen werden, sondern man muss die zugehörige Sehne dieser Winkel für einen Radius von mehreren Decimetern Länge berechnen oder aus Tafeln entnehmen.

Das in solcher Weise auf dem Papier niedergelegte Dreiecksnetz stellt eine Karte nach gnomonischer Projection dar, denn alle Visirlinien oder kürzesten Entfernungen zwischen zwei Punkten sind als gerade Linien dargestellt. Für den Anfang der Construction ist eine gerade Linie als Meridian eingetragen. Es ist nun zu berücksichtigen, dass kein Meridian des weiter construirten Dreieckspunkts mit diesem parallel ist, dass also kein Azimut, als das im Anfangspunkt, aus dem Dreiecksnetze entnommen werden kann. Da aber für viele Zwecke im weiteren Verlauf der Arbeit die Azimute bekannt sein müssen, so ist es nöthig, auf die Berücksichtigung der Convergenz der Meridiane hier einzugehen.

Die Convergenz der Meridiane kann definirt werden als der Unterschied zweier reciproker Azimute.

Wenn das wahre Azimut der Linie AB in der gnomonischen



Karte in A mit α, in B mit α_1 bezeichnet wird, so ist $\alpha - \alpha_1$ die Convergenz der Meridiane und dieselbe berechnet sich mit ausreichender Annäherung nach der Formel:

$$\alpha - \alpha_1 = \lambda \sin \frac{\varphi + \varphi_1}{2},$$

d. h. sie ist gleich dem Längenunterschied (λ) multiplicirt mit dem Sinus der Mittelbreite.

Die Verbindungslinie AB in einer Merkator-Karte schneidet die Meridiane unter dem constanten Winkel $\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$ (Merkator-Azimut).

Ob die Convergenz überhaupt berücksichtigt werden muss — in niederen Breiten ist dies in der Regel nicht nothwendig — ergiebt ein Ueberschlag nach obiger Formel für den in Frage kommenden Längenunterschied.

In der Mehrzahl der Fälle, d. h. in nicht zu hohen Breiten, kann man $\alpha - \alpha_1$ für jede Dreiecksseite erhalten, indem man ein für alle Mal für die Mittelbreite der Karte und eine Seemeile „Abweichung" $\left(\sec \frac{\varphi + \varphi_1}{2}\right)$ den Werth $[\alpha - \alpha_1]$ berechnet aus $[\alpha - \alpha_1] = tg \frac{\varphi + \varphi_1}{2}$ und diesen dann mit der ungefähren „Abweichung" der Dreiecksseite ($d \sin \alpha$) multiplicirt. Man erhält also die Correction $\alpha - \alpha_1$ aus der bekannten Länge d der Dreiecksseite, dem angenäherten Azimut (α) und der Mittelbreite der Karte nach der Formel:

$$\alpha - \alpha_1 = d \sin (\alpha)\ tg \frac{\varphi + \varphi_1}{2}.$$

Diese Correction ist unter Beachtung der Regel anzubringen, dass die dem Pol nähere Station derselben Richtungslinie immer das kleinere Azimut hat. (Das Azimut wird von Nord oder Süd nach rechts herum über O. S. W. bis 180° gezählt.)

Mit Berücksichtigung der Correction für die Convergenz der Meridiane ist man im Stande, sich für jeden Punkt des

Dreiecksnetzes das Azimut einer Dreiecksseite zu berechnen und dies ermöglicht dann in diesem Punkt jede Richtungslinie anzutragen, welche aus ungefähr bekannter Entfernung durch Azimut-Beobachtung nach dieser Station hin bestimmt wird.

Wenn man aus dem Dreiecksnetz einen Theil herausnehmen will, so kann derselbe auch nur für sich bestehen, wenn man Länge und Azimut mindestens einer der darin vorkommenden Dreiecksseiten berechnet hat. Eine solche Zerlegung in mehrere Theile findet aber bei jeder ausgedehnteren Vermessungsarbeit statt, sobald man nun daran geht, Lothungen, Küstenlinie und alles weitere Detail in Angriff zu nehmen.

6. Pegelbeobachtungen.

Gleich bei Beginn der Triangulation wird daneben auch die Anstellung von Wasserstandsbeobachtungen eingeleitet. Der Ort für einen Pegel wird nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt. Der Ort muss vor Dünung und Brandung geschützt sein und zugleich für die Beobachtung bequem liegen. Man wird bei Wahl des Observationspunktes auch auf einen Ort für die Pegelstation rücksichtigen. In vielen Fällen ist es möglich, den Pegel so aufzustellen, dass man die Wasserstände an demselben mit einem Fernrohr vom Schiff aus ablesen kann. Einen hierfür günstigen Ort findet man in Korallengegenden, beispielsweise auf einem dem Ankerplatz benachbarten Korallenriff, wenn solches, wie häufig vorkommt, auch bei Niedrig-Wasser stets untergetaucht bleibt. Eine gute Pegelstation am Lande erhält man oft an einer Landungsbrücke, an einem vor dem Strande liegenden Felsblock etc. Ist der Fluthwechsel beträchtlich und der Strand wenig abschüssig, so wird man genöthigt sein, mehrere Pegel in verschiedenen Abständen vom Strande zu errichten. Letzteres ist aber unbequem und wegen der erforderlichen Reduction und Nivellirung zu vermeiden.

Als Pegel empfiehlt sich immer am besten eine einfache Latte, welche eine deutliche mit verschiedenen Farben breit aufgetragene Decimeter- und Centimeter-Theilung trägt. Pegel mit Schwimmern und Zeigern sind bei Vermessungen möglichst zu vermeiden. Für die Aufstellung des Pegels empfiehlt es sich meist einen starken Pfahl aufzustellen, denselben durch seitliche Verankerung zu stützen, überhaupt alle Vorkehrungen

zu treffen, welche die unverrückte Stellung desselben sichern können. An diesen Pfahl wird die eigentliche Pegellatte befestigt.

Die Beobachtung erfolgt stündlich und zur Bestimmung der Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser bei Herannahen derselben von 10 zu 10 Minuten.

Will man die Gezeitenverhältnisse genauer feststellen, namentlich die tägliche Ungleichheit kennen lernen, so muss auch Nachts beobachtet werden. Für die Reduction der Lothungen handelt es sich darum, den niedrigsten Wasserstand festzustellen, welcher das Niveau für die ganze Arbeit abgeben soll. Man kann aber nicht immer zur Zeit der niedrigsten Spring-Ebbe Beobachtungen anstellen. Desshalb nimmt man in der Regel das Niveau der Karte um ein willkürlich gewähltes Maass unter dem niedrigsten beobachteten Wasserstand an. Einen Anhaltspunkt hierbei gewährt häufig die Strandlinie, welche als höchster vorkommender Wasserstand erkennbar ist. Soviel dieselbe über dem höchsten beobachteten Stand bleibt, so viel kann man unter den niedrigsten beobachteten Stand hinabgehen bei Festsetzung des Niveaus, auf welches alle Lothungen reducirt werden sollen. Um die Lothungen bald möglichst definitiv reduciren zu können, ist es wesentlich, mit den Pegelbeobachtungen früh zu beginnen und sich über die Niedrigwasserlinie bald zu entscheiden.

Ist kein passender Pegelort zu erhalten und bildet bei unzugänglichem Strand das Schiff den wesentlichen Stützpunkt der Vermessung — so auch bei Vermessung einer Untiefe weit ab vom Lande — so muss man die Pegelbeobachtungen durch regelmässige Lothungen zu ersetzen suchen. Bei grossem Fluthwechsel, in flachem Wasser und auf ebenem Grund, wie z. B. vor einem ausgedehnten Flussdelta, geben solche Lothungen auch befriedigende Resultate.

7. Strombeobachtungen.

Bei den Wasserstandsbeobachtungen sind auch sogleich die Strombeobachtungen zu erwähnen. Dieselben werden der Regel nach von dem verankerten Schiff aus angestellt. Man bedient sich dazu eines Logscheites, grösser als das des gewöhnlichen Schiffslogs und statt der Knoteneintheilung der Logleine einer Metertheilung. Man lässt dann je nach Stärke des

Stroms das Log einige Zeit nach einer Secundenuhr auslaufen und berechnet darnach die Geschwindigkeit des Stroms, dessen Richtung man durch Compasspeilung feststellt. Von besonderem Interesse sind bei Gezeitenströmungen die Zeiten des Stillwassers in ihrer Beziehung zu den Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser.

Da, wo die Strömungen ungleichmässig und von Flussmündungen beeinflusst sind, werden die Ankerplätze des Schiffs als Beobachtungsstationen nicht immer ausreichen. Es müssen dann Boote entsendet werden, welche wenigstens zur Zeit des stärksten Stroms sich verankern und Richtung und Geschwindigkeit an Zwischenpunkten feststellen.

8. Küstenlinie.

Es kann nun zur Feststellung der Küstenlinie, der Topographie und der Tiefen geschritten werden. Man verfährt dabei nicht immer in gleicher Weise in Bezug auf die Vertheilung der Arbeit. Wenn kein übergrosser Zeitverlust damit verbunden ist, wird es sich immer empfehlen, das Dreiecksnetz in Stücke zu zerlegen und jedes Stück einem Beobachter zur vollständigen Bearbeitung zu überweisen. Dadurch gewinnt die Arbeit für den Einzelnen an Interesse, denn es ist ebenso eintönig immer nur Küstenlinien abzulaufen, wie viele Tage lang hinter einander vom Boot aus zu lothen. Wenn eine solche Zerlegung stattfindet, so werden die einzelnen Stücke mit allen Richtungslinien und festgelegten Punkten, eingeschriebenen Distanzen und Azimuten von der grossen Arbeitskarte auf ein Specialblatt genau übertragen. Dieses Blatt hat dann der betreffende Vermesser später, so vollkommen als eben möglich ausgeführt, wieder zurückzuliefern. Je nach den ihm zu Gebote stehenden Instrumenten, Booten etc. und mit Rücksicht auf andere Nebenumstände, z. B. Stille am Morgen und starke Seebrise am Nachmittag, kann dann die Arbeit in den Booten oder am Lande fortgeführt werden. Am bequemsten für die Vermessung selbst ist es die Küstenlinie zuerst festzulegen und dann mit der Arbeit auf dem Wasser zu beginnen.

Für Festlegung der Küstenlinie hat man verschiedene Methoden, welche nebeneinander in Anwendung kommen. Am wichtigsten und sichersten ist die Methode: von den Dreieckspunkten aus Tangenten an die Küstenlinie, an jeden Vorsprung

und jeden Einschnitt etc. zu legen mit Hülfe des Theodoliten. Hierdurch werden eine Menge Punkte der Küstenlinie schon genau festgelegt durch „Vorwärtseinschneiden“ von zwei Hauptstationen aus. Die Tangenten aber begrenzen den Verlauf des Küstensaums. Wenn dieselben sogleich auf dem Reissbrett in die Detail-Arbeitskarte eingetragen werden können, so hat man eine Grundlage für die Arbeit gewonnen.

Es folgt sodann das Begehen der Küstenstrecke selbst oder das Verfolgen derselben im Boot und Landen an hervorragenden Punkten. Wenn es das Terrain irgend erlaubt, sollte der ganze Strand begangen werden. Vieles Detail wird dabei ans Licht gezogen, Frischwasserplätze, Lagunen etc., was sonst leicht übersehen werden würde.

Häufig wird man dabei wieder Zwischenpunkte festlegen mit Hülfe der Pothenot'schen Aufgabe und von diesen Punkten wieder Tangenten legen. Dazwischen aber wird man durch Abschreiten oder durch Mikrometer-Messung mit einer 3 m Distanzlatte in der von der letzten Station aus festgelegten Richtung den Verlauf des Küstensaums bestimmen. Hierbei lässt sich auch ein Compass (Bootscompass mit Stativ) am Lande verwenden. So erhaltene Punkte dürfen nicht als Fixpunkte für weitere Bestimmungen verwendet werden. Nichts desto weniger ist es nützlich, sie zu markiren, um darauf Lothungslinien in flachem Wasser zu basiren.

Der Fortgang der ganzen Begehung des Küstensaums wird mit allen Detail-Wahrnehmungen und Uhrzeiten im Notizbuch skizzirt. Noch besser wird es sein, dieselbe Schritt für Schritt auf dem Reissbrett in die Arbeitskarte einzutragen. Captain Wharton *) empfiehlt alle Detailarbeiten, Küstenlinien, Lothungslinien und Topographie, wenn irgend angängig, sogleich in die Arbeitskarte einzutragen. Die Vortheile dieses Verfahrens sind einleuchtend und die ausgezeichneten Vermessungen, welche unter Leitung dieses Officiers ausgeführt sind, müssen uns veranlassen, dieses Verfahren angelegentlich zu empfehlen. Der Küstensaum, welcher in der Karte als solcher niedergelegt werden muss, entspricht der Hochwasserlinie, während sich die Niedrigwasserlinie im Allgemeinen durch Reduction der Lothungen ergeben soll. Man wird aber sicherer gehen, auch

*) Hydrographical Surveying, London 1882.

die Niedrigwasserlinie, wenn dieselbe sehr von der eigentlichen Küstenlinie abweicht, gleichzeitig festzulegen. Dies gilt namentlich auch von Riffen, welche bei Niedrigwasser trocken fallen.

8. Topographie.

Die Topographie des eigentlichen Küstensaums muss unmittelbar bestimmt und in der Karte vermerkt werden. Dahin gehört die Unterscheidung, ob Flach- oder Steilküste, bei letzterer die Höhe und die Farbe des Gesteins, ferner ob sandig oder bewachsen, die Lage von Häusern und bemerkenswerthen Bäumen am Strande und namentlich auch die Angabe von Landungsstellen und Frischwasserplätzen.

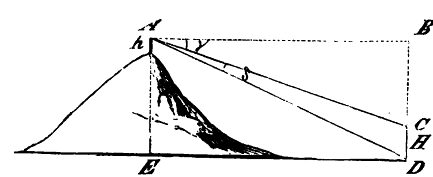
Für bergiges Küstenland erlangt die Bestimmung der von See aus sichtbaren Höhen nnd die Topographie der Berglehnen und Abhänge eine besondere Bedeutung und wird dann Gegenstand besonderer Beobachtungen, welche getrennt von der Festlegung der Küstenlinie ausgeführt werden müssen.

Es empfiehlt sich jedoch immer, nahe der Küste gelegene Höhen, welche einigen Ausblick gewähren, zu besteigen und von hier aus Winkel zu messen und Skizzen zu entwerfen. Oft wird man von ihnen aus sogar die Tiefenverhältnisse der Nachbarschaft beurtheilen können, da von erhöhtem Standpunkt Entfärbungen des Wassers die Unebenheiten des Meeres oft deutlich zur Anschauung bringen. Dies gilt namentlich von stillem Wasser im Schutz von Korallenriffen u. dergl.

Ist die Höhe des Standpunktes genau messbar, so kann man sich der Methode der Depressionswinkel zur Aufnahme des zu überblickenden Theils der Küstenlinie bedienen. Hierzu ist ein Instrument mit Höhenkreis, am besten ein kleines Universal-Instrument erforderlich, mit welchem man von genau bekannter Höhe über dem Meerespiegel Azimut- und Zenit-Distanzen einer fortlaufenden Reihe von Küstenpunkten misst. Die Schwierigkeit, die Höhe sehr genau zu bestimmen (welche hier als Basis dieser Vermessungsoperation angesehen werden muss) und die genaue Winkelmessung mit dem Höhenkreise, welche gefordert werden muss, entfernen diese Methode aber aus dem Bereich eines nicht sehr geübten Beobachters.*)

*) Vergl. darüber Annalen der Hydrographie 1882: „Küstenaufnahme mittelst Depressionswinkel“ von Prof. C. Börgen, auch Handbuch der nautischen Instrumente S. 405.

10. Höhenmessung.



In Anschluss an das eben beschriebene Verfahren kann zunächst hier einer Methode der Höhenbestimmung gedacht werden, welche sich gründet auf die Beobachtung der Masthöhe von einem Höhenpunkt aus mit Hülfe des Höhenkreises.

Wenn A die Instrumenten-Aufstellung, D die Wasserlinie, C der Flaggenknopf des Mastes ist, so hat man:

$$BC = AC \sin BAC$$
$$AC = CD \sin CDA \operatorname{cosec} CAD$$
$$BC = CD \cos BAD \sin BAC \operatorname{cosec} CAD$$
$$AE = H \cos (\gamma + \delta) \sin \gamma \operatorname{cosec} \delta + H.$$

Man erhält also die Höhe ohne Kenntniss der Entfernung des Schiffes aus den Depressions-Winkeln $(\gamma + \delta)$ und γ.

Im Allgemeinen aber werden zwei Methoden für die Höhenmessung benutzt, entweder Höhenwinkel mit festem Höhenkreis von einer Aufstellung am Strande, oder Höhenwinkel mit dem Sextanten vom Schiff über dem Wasserspiegel als Horizont. In beiden Fällen entnimmt man die Entfernung aus der Karte.

Die allgemeine Höhenformel ist dann:

$$h = a \, tg \, \gamma + \frac{a^2}{2r} - \frac{a^2 k}{2r}$$

worin

h die zu berechnende Höhe,
a die Entfernung derselben,
γ der Höhenwinkel,
r der Erdradius (6370000 m)
k die Refractionsconstante 0,13.

Die Formel lautet, wenn man die Constanten einsetzt:

$$h = a \, tg \, \gamma + 0{,}0000000682 \, a^2$$

Bei $a = 2000$ beträgt die Correction 0,27 m und wächst von da ab schnell. Bei Entfernungen bis zu 2 Kilometer ist daher keine Correction anzubringen, man hat einfach $h = a \, tg \, \gamma$. Bei Messung mit dem Sextanten, vom Wasser aus, muss die Augeshöhe möglichst gering gewählt werden. Man kann dann

noch den Seehorizont benutzen, wenn das Land nicht weiter als 1000 m entfernt ist.

Man wird selten in die Lage kommen, barometrische Höhenmessung vorzunehmen. Bietet sich dazu Gelegenheit, so fallen die bezüglichen Arbeiten schon ausserhalb des Rahmens der eigentlichen nautischen Vermessungen. Ohne weitere Reduction können kleine Höhen-Aneroide benutzt werden, um zwischen trigonometrisch gemessenen Höhen zu interpoliren und dudurch den Topographen in den Stand zu setzen, Höhencurven zu entwerfen.

Was im übrigen topographische Eintragungen für Seekarten betrifft, so dienen dabei am besten als Vorschrift gute Seekarten gleichartiger Gegenden, welche in der Regel zur Verfügung stehen werden. Von der zu Gebote stehenden Zeit, der Zugänglichkeit des Landes und dem Geschick oder Willen der Betheiligten hängt es zumeist ab, wie viel oder wie wenig topographisches Detail in einer Seekarte Aufnahme finden wird.

Die Bezeichnung der Orte muss soweit als möglich nach den Angaben der Eingeborenen eingetragen werden. Nächstdem sind Namen zu wählen, welche den Ort (Berg, Cap, Klippe etc.) nach seinem Aeussren kennzeichnen, so dass man ihn schon aus seinem Namen beim Anblick zu identificiren vermag. Dagegen sind Benennungen nach Personen-Namen als unpraktisch und geschmacklos zu verwerfen, sofern damit nicht eine historische Erinnerung verknüpft ist.

11. Lothungen.

Wenn die Detailvermessung soweit fortgeschritten ist, dass die Arbeitskarte die Lage des Küstensaums mit allen charakteristischen Merkmalen angiebt, beginnt die Bestimmung der Wassertiefen. Bis etwa 5 m Tiefe bedient man sich zweckmässig des Peilstocks, darüber hinaus des Loths. Lothungen vom Boot werden durchschnittlich bis 30 m Tiefe geführt. Grössere Tiefen werden vom Schiff aus gelothet.

Die zum Lothen entsendeten Boote nehmen Peilstangen, Lothe und Lothleinen (letztere bis 20 m in halbe Meter getheilt), eine Boje mit Verankerung für unvermuthete Untiefen und die nöthigen Reflexions-Instrumente, Fernrohr und Uhr mit. Ferner

ist es meist nöthig zur selbstständigen Errichtung von Zeichen an Land Pricken, Flaggen, Kalk mit sich zu führen.

Die Lothungslinien werden als Regel normal zur Strandlinie angeordnet. Bei solchen treten die Tiefenabstufungen auf der Karte am deutlichsten hervor, die 4, 5, 10 u. s w. Meterlinien lassen sich am Besten ausziehen. Aber in sehr vielen Fällen, wegen Gezeitenstroms, Seegangs etc. ist man genöthigt, von dieser Regel abzuweichen, weitere Vorschriften lassen sich dann nicht geben.

Die abzulaufende Lothungslinie muss, wenn möglich durch ein Alignement bestimmt werden. Bei sorgfältigen Küstenlothungen lässt man, wenn der Strand gangbar ist, einige Leute am Strande, welche nach bestimmter Anweisung Zeichen aufsetzen und dadurch unter Benutzung natürlicher Merkmale ein Alignement fixiren. Hat das Boot dann die Linie bis zum tiefen Wasser abgelaufen, so ankert es und macht ein Signal, worauf die Zeichen für die nächste Linie versetzt werden. Inzwischen wird vom Boot aus die Position bestimmt und die gewonnene Lothungslinie auf dem Reissbrett in die Karte eingezeichnet. Neben dem Alignement dienen Winkelmessungen zur Festlegung der Positionen. Lediglich auf Winkelmessungen basirte Lothungslinien müssen desto öfter durch Ankern und genaue Messung von mehr als zwei Winkeln vom verankerten Boot aus fixirt werden. Das Eintragen in die Arbeitskarte lässt dann sofort ersehen, ob Lücken ausgefüllt werden müssen und wie die nächste Linie zweckmässig gelegt werden soll. Auch die zu wählende Entfernung der einzelnen Lothwürfe von einander ergiebt sich sogleich aus der Arbeitskarte. Jeder Lothwurf wird nicht durch eine Winkelmessung fixirt, sondern man nimmt regelmässige Zeitintervalle oder zählt eine gleichmässige Zahl Ruderschläge ab. Falls eine Untiefe oder bemerkenswerthe Unregelmässigkeit der Tiefen entdeckt wird, verankert man eine Boje, bricht damit die Lothungslinie ab und recognoscirt die Umgebung. Für genaue Bestimmung des Lothungsorts in der Nähe der Küste ist ein Verfahren zu empfehlen, welches sich auf zwei Theodolitstationen am Lande stützt. Bei jeder Lothung wird ein Signal im Boot gezeigt, beide Theodoliten schneiden das Boot ein und auf beiden Stationen wie im Boot wird die Uhrzeit notirt. Alle Beobachtungen werden mit laufender Nummer versehen. Für die

Wahl der Lothungslinien bleibt dabei aber immer noch das Innehalten von Alignements etc. unentbehrlich, man macht daher von dem Verfahren nur Gebrauch, wenn besondere Genauigkeit erforderlich wird.

Wenn man auch die gelotheten Tiefen provisorisch mit Blei in den Plan einträgt, so bleibt doch noch übrig, dieselben auf den niedrigsten Wasserspiegel zu reduciren und dies kann in der Regel erst geschehen, wenn man die Aufzeichnungen des Pegelbeobachters erhalten hat. Man verfährt dann folgendermaassen: Die Pegelablesungen werden in ein Diagramm eingetragen als Ordinaten auf dem als Niveau der Karte angenommenen Wasserspiegel. Die Abscissenaxe ist die Zeitskala. Man erhält so eine Curve, aus welcher man für jeden Lothwurf die Reduction direct entnehmen kann.

Es kann nun vorkommen, dass der Pegel umgefallen ist oder durch sonst eine Unregelmässigkeit die Ablesungen eine Zeit lang ausgefallen sind. Man kann sich dann so helfen, dass man die Abscissenaxe der Beobachtungen des vorhergehenden Tags um 50 Minuten verschiebt oder die Curve zwischen etwa beobachteter Hoch- und Niedrigwasserzeit einschaltet.

Sind nur Hoch- und Niedrigwasser nach Höhe und Zeit beobachtet worden, so kann man *bei regelmässig verlaufenden Gezeiten* die folgende Reduction anwenden:*)

1	Stunde	vor	oder	nach	Niedrigwasser	0,1	des	Fluthwechels,
2	"	"	"	"	"	0,25	"	"
3	"	"	"	"	"	0,50	"	"
4	"	"	"	"	"	0,75	"	"
5	"	"	"	"	"	0,90	"	"
6	"	"	"	"	"	1.	"	"

Man erhält durch diese Reduction das Niedrigwasser des Tages, welches unter Anwendung der „halbmonatlichen Ungleichheit in Höhe", die man in nautischen Tafeln angegeben findet, annähernd auf Niedrigwasser Springzeit reducirt werden kann.

Die Grundbeschaffenheit ist beim Lothen fortwährend zu prüfen, namentlich, sobald man in Tiefen von mehr als 10 m lothet. Dabei ist Rücksicht zu nehmen auf die Grundbeschaffenheit als Orientirungszeichen und auf die Grundbeschaffenheit als Ankergrund. In ersterer Beziehung ist man

*) Vgl. C. Börgen.

darauf angewiesen, sich den bestehenden Bezeichnungsweisen anzuschliessen, worüber vorliegende Seekarten oder die vom Hydrogr. Amt veröffentlichten „Erklärungen der für die Seekarten der Kaiserlichen Admiralität in Anwendung kommenden Abkürzungen und Zeichen“ Auskunft geben. Man bedient sich zur Erlangung von Grundproben einfach eines mit Talg bestrichenen Loths, da die über die Grundbeschaffenheit anzugebenden Kartenvermerke gleichfalls nur für solche Beobachter bestimmt sind, welche Grundproben auf die nämliche Weise zum Vergleich mit der Karte erlangen. Sollen jedoch Grundproben für wissenschaftliche Untersuchungen erlangt werden, so wendet man Lothe mit Kammern und Ventilen oder Grundzangen an.

In Bezug auf die Geeigentheit des Grundes als Ankergrund ist ein Urtheil eigentlich nur durch eigene Erfahrung zu motiviren, daher überall, wo man nicht mit dem Schiff vor Anker gelegen hat, Zurückhaltung zu empfehlen ist. Lothungen in grösserer Entfernung vom Lande und in Tiefen über 30 m sind mit Booten sehr mühselig auszuführen. Wenn irgend angängig, muss das Schiff hier diese Aufgabe übernehmen. In grösserer Entfernung vom Lande wird die Positionsbestimmung unsicherer, man muss sich oft mit dem einzelnen Azimut eines Landobjects begnügen und die gelogte Fahrt, sowie astronomische Beobachtungen zu Hülfe nehmen. Es wird erst hier oft der Nutzen zu Tage treten, welchen entfernte Bergspitzen gewähren können, sobald sie in das Dreiecksnetz mit einbezogen worden sind. Bei zunehmenden Tiefen thut die Drahtlothmaschine ausgezeichnete Dienste, weil sie erlaubt, in voller Fahrt zu lothen, wobei die Ortsbestimmung durch die zurückgelegte Distanz sicherer wird.

In der Regel werden die Lothungen bis zu Tiefen von 200 m fortgeführt. Sehr häufig aber gebricht es an Zeit für ausführliche Lothungen und das Zeichen (_._) über einer Lothungszahl, welches andeutet, dass nur so tief gelothet und kein Grund erhalten ist, erscheint auf vielen Karten bei verhältnissmässig geringen Tiefen. In der neuesten Zeit haben die unterseeischen Ränder der Continente in der Geologie ganz besonders das Interesse in Anspruch genommen. Lothungen bis zur 100 Fadenlinie und über dieselbe hinaus haben ein hohes wissenschaftliches Interesse. Bei den modernen Hülfs-

mitteln sollten die Lothungslinien daher weiter als bisher fortgeführt werden. Allerdings bleibt ein passender Tiefenmesser, welcher erlaubt, Tiefen von mehr als 100 Faden nach dem Manometer-Princip gut zu messen, noch zu construiren.

In der im vorstehenden beschriebenen Weise geht eine Vermessung vor sich, welche durch die Natur der Küste begünstigt, ihren regelmässigen Verlauf nehmen kann. In der Praxis werden auf Schritt und Tritt neue Aufgaben zu lösen sein, welche das Geschick und die Erfindungsgabe des Vermessenden auf die Probe stellen. Die Sorge für die Sicherheit des Schiffes, für die Gesundheit der Mannschaft, üben nicht zum kleinsten Theil Einfluss aus auf den Fortgang der Arbeit, Witterungs- und klimatische Schwierigkeiten und mannigfache äussere Umstände treten hemmend auf, so dass es nothwendig wird, alle günstigen Gelegenheiten so intensiv als möglich auszunutzen. Man darf daher niemals grosse Erwartungen hegen, wenn Vermessungsarbeiten, selbst mit reichlichen Hülfsmitteln, nicht das alleinige Ziel sind, sondern nebenher oder bei sich bietender Gelegenheit geplant werden. In solchen Fällen ist stets auf Selbstbeschränkung Bedacht zu nehmen. Ein Hafen, eine Flussmündung, eine kleine Tiefe oder Untiefe können leicht mit befriedigender Sicherheit auf einen Plan wiedergegeben werden. Auch eine Skizze vom Schiffe in Bewegung, eine sogenannte fliegende Vermessung, kann gelegentlich und ohne viel Zeitverlust aufgenommen werden, verlangt aber schon grössere Umsicht und Erfahrung. Das Bedürfniss für solche fliegenden Vermessungen ist indessen nahezu im Erlöschen begriffen.

Einige Specialfälle für gelegentliche Vermessungen sollen nun noch kurze Besprechungen finden.

Die Vermessung eines kleinen Hafens ist im Allgemeinen als die einfachste Vermessungsaufgabe anzusehen. Die Basismessung kann dabei in sehr primitiver Weise ausgeführt werden, weil nicht zu befürchten ist, dass der Fehler sich durch Uebertragung auf grosse Entfernungen vervielfacht. Man kann daher bei kleinen Aufnahmen sich ganz auf Längenmessung mit Hülfe des Mikrometers beschränken und daneben den Compass anwenden. Zu diesem Zweck muss man eine Anzahl (mindestens drei) 3 oder 5 m lange Maassstäbe an her-

vorragenden Punkten aufstellen. Um von denselben Abstände zu messen, müssen dieselben deutlich markirt und vertical eingelothet werden. Man kann dann eine grosse Anzahl Küstenpunkte durch Abstandmessung von immer mindestens zwei, besser drei dieser Maassstäbe festlegen und Compasspeilungen zur groben Orientirung daneben benutzen. Beim Lothen wird die Richtung der Lothungslinie durch Compass und Alignement bestimmt, die einzelnen Fixpunkte dieser Linie durch Abstandsmessung. Das Schiff, im Hafen vertäut, kann dabei als Hauptstation dienen. Azimut und Entfernung zwischen zwei Aufstellungen dienen für den Entwurf auf dem Papier als Basis.

Die aus der Cotangenten-Tafel entnommenen Entfernungen werden mit dem Zirkel abgegriffen und die Fixpunkte des ganzen Netzes successive als die Schnittpunkte zweier oder mehr Kreise von den Maassstab-Aufstellungen aus construirt.

Die Vermessung einer Flussmündung, soweit es sich nicht um ein ausgedehntes Aestuarium handelt, wird sich in der Regel auf eine Recognoscirung beschränken, welche mit einem kleinen Dampfboot ausgeführt wird. Die bei einer solchen Recognoscirung anzuwendenden Instrumente sind: Uhr, Compass, Log und Loth. Wesentlich ist es, den Flusslauf nach den Compasskursen des immer die Flussmitte haltenden Bootes sogleich auf einem Reissbrett zu skizziren. Die Grösse der mit stets wechselndem Kurse durchlaufenen Krümmungen muss nach der Uhr geschätzt werden. Die Messung der zurückgelegten Entfernungen hat Schwierigkeit wegen der im Bereich der Gezeiten stets wechselnden Stromgeschwindigkeiten. Das Patentlog gewährt oft wenig Nutzen. Die Umdrehungszahl der Maschine wird dieselben Dienste leisten. Zu empfehlen ist der Gebrauch des Grundlogs, d. h. eines Logscheites, welches mit Loth und etwas mehr Lothleine, als die Tiefe beträgt, verankert wird und nach der Messung ohne Weiteres zusammen mit dem Loth eingeholt werden kann. Regelmässige Lothungen auf dem Hin- und Rückwege sind nothwendig, aber die Reduction derselben bleibt immer unsicher, denn man wird sich höchstens auf einen an der Mündung aufgestellten Pegel beziehen können, dessen Angaben nur für die nächste Umgebung Werth haben. Dazu kommt die nach der Jahreszeit stets wechselnde Wassermenge und die stetigen Veränderungen vieler Flüsse gerade an den Mündungen. Man muss daher nach der

höheren Seite hin reduciren oder über die derzeitigen Wassermengen des Flusses, Uferlinien etc. eine bestimmte Angabe beifügen. Das Resultat der Recognoscirung des Flusslaufes gewinnt erst an Halt, wenn man im Stande ist, die Mündung und den entferntesten Punkt aufwärts durch Beobachtungen festzulegen. Sind zugängliche Höhen in der Nähe des Flusses vorhanden, so wird sich das am befriedigendsten durch ein astromisches Azimut in Verbindung mit Breitenbestimmungen erreichen lassen. Zwischen die beiden Endpunkte wird dann das Itinerar der Hin- und Rückfahrt eingepasst.

Handelt es sich um genauere Aufnahme einer wichtigeren Flussmündung, so muss eine Triangulation an derselben hinaufgeführt werden; wenn die Ufer nicht zugänglich sind, ganz oder theilweise durch successive Verankerung von Booten. Als Bootsankerplätze sind dann die Krümmungen zu wählen. Ein grösseres Boot kann mit einem Maassstab am Mast für Abstandsbestimmungen ausgerüstet werden. Da die Dreiecke in der Regel ungünstig ausfallen, so muss auf eine dominirende Azimutstation in der Nähe des Flusses Bedacht genommen werden oder man muss sich, so gut es eben geht, mit Compasspeilungen von Boot zu Boot helfen.

Fliegende Vermessungen sind speciell solche, welche sich auf keinerlei feste Punkte stützen, sondern die zurückgelegten Kurse und Distanzen des Schiffes als Basis den vom Schiff aus vorgenommenen Winkelmessungen zu Grunde legen. Der zurückgelegte Weg des Schiffes wird durch astronomische Beobachtungen an den End- oder einigen Zwischenpunkten festgelegt. Eine Fahrt des Schiffes nicht über 5 Knoten und eine Entfernung von der Küste von 3—4 Seemeilen wird am Günstigsten für diese Vermessungsart sein. Wesentlich ist, dass die Fahrt des Schiffes recht gleichmässig sei, damit man die Punkte für die einzelnen Winkelmessungen nach der Zeit auf der Kurslinie eintragen kann. Ferner müssen eine Anzahl Beobachter zur Verfügung sein, um mehrere Winkel gleichzeitig zu messen. Die Schwierigkeit einer befriedigenden Küstenaufnahme vom bewegten Schiff liegt zumeist in dem Mangel scharf markirter Zielpunkte, da sich das Aussehen der Küste fortwährend ändert, und in der Abhängigkeit des Schiffskurses von Strömungen. Für Dampfschiffe sind solche Aufnahmen unendlich leichter als für Segelschiffe, jedoch ist das

Bedürfniss für solche fliegenden Vermessungen heute kaum noch vorhanden.

Wichtiger sind laufende Vermessungen, d. h. solche, welche ein Dreiecksnetz an der Küste entlang ziehen mittelst Einschalten von Schiff und Booten als Fixpunkte durch successives Verlegen des Ankerplatzes. Derartige Ergänzungen einer regelmässigen Triangulation werden an langgestreckten, wenig zugänglichen Küsten oft nicht zu vermeiden sein. Man verfährt im Princip so, dass man zwischen zwei Küstenpunkten, welche sich trigonometrisch anders schlecht verbinden lassen, einen Ankerplatz auswählt, welcher eine günstige Lage als Dreieckspunkt bietet. Das Schiff bleibt dann so lange an dieser Stelle liegen, bis das zwischenliegende Gebiet vermessen ist, welche Arbeit mit Rücksicht hierauf oft in abgekürzter Weise vorgenommen werden muss. Ebenso kann man auch einen fehlenden Küstenpunkt durch ein in der Nähe der Küste verankertes Boot ersetzen. Da die Dreiecke bei solchen Aufnahmen oft lang gestreckt sein werden, so sind Azimut und Entfernungsbestimmungen (durch den Schall, Masthöhen) zur Vervielfältigung der Bestimmungsstücke oft wesentlich.

Segelanweisungen. Jede nautische Vermessung bedarf als Ergänzung einer „Segelanweisung“, in welcher alles das niedergelegt wird, was sich in der Karte nicht wiedergeben lässt und doch für ein Schiff, welches sich der Karte bedient, von Wichtigkeit ist. Bei der Segelanweisung im engeren Sinne des Wortes ist stets ein Schiff ohne Dampfkraft vorauszusetzen, dementsprechend ist das Ansegeln von Land, das Ein- und Aussegeln für Häfen und Rheden zu besprechen und auf Strom, Wind und Wetter einzugehen. Dampfschiffe finden sich nach einer guten Karte unabhängiger zurecht. Die Küstenbeschreibung ist ein integrirender Theil der Segelanweisung. Dieselbe muss aus eigener Anschauung bei der Vermessung selbst entworfen werden, muss in gedrängtester Kürze die Darstellung der Karte ergänzen und nicht in den häufigen Fehler verfallen, mit behaglicher Breite die Daten aus der Karte abzulesen. Nachrichten über Land und Leute, Statistisches, Proviant- und Wasserbeschaffung, Hafen-Verordnungen und dergleichen bilden willkommene Zugaben zu diesen Segelanweisungen.

Vertonungen. Von besonderem Nutzen für die Orientirung an einer fremden Küste sind Küstenansichten,

sogenannte Vertonungen, welche theils auf der Karte selbst, theils in der Segelanweisung Aufnahme finden.

Die Vertonung wird unter Zugrundelegung einer Anzahl Horizontal- und Verticalwinkel entworfen, als perspectivische Ansicht von einem in der Karte zu markirenden (gewöhnlich mit einem grossem lateinischen Buchstaben bezeichneten) Punkt. In der Unterschrift der Vertonung wird Compassrichtung und Entfernung von dem wichtigsten auf dem Bilde erscheinenden Object eingetragen. Man verfährt am Besten so, dass man die rohen Umrisse im Notizbuch entwirft, dann die markantesten Objecte, deren Horizontal- und Verticalwinkel man messen will, bezeichnet und Bemerkungen über Aussehen und Farbe des Landes etc. dabei schreibt. Die gemessenen Winkel werden schliesslich auf der Skizze eingeschrieben. Die Vertonung kann hiernach unter Zugrundelegung eines Maassstabes, welcher die Winkel als lineare Entfernungen wiedergiebt, angefertigt werden, z. B. $1^0 = 4$ mm. Die Höhenwinkel werden zuweilen in $1\frac{1}{2}$ bis 2fachem Maassstabe der Horizontalwinkel wiedergegeben, namentlich bei grösseren Entfernungen von der Küste. Beim Entwurf einer solchen Vertonung bedient man sich zweckmässig quadrirten Papiers.

Zum Schluss folgt eine Zusammenstellung derjenigen Instrumente, welche nach dem Vorhergehenden für eine einfache Vermessungsausrüstung in ausserheimischen Gewässern erwünscht sind. Eine vollständige Schiffs-Ausrüstung an Compassen, Chronometern, Reflexions-Instrumenten, Logs und Lothen ist zunächst Voraussetzung. Dieser sind hinzuzufügen:

1. Zwei kleine Theodoliten ohne Höhenkreis, 11,5 cm Kreis, verdeckten Nonien, welche Minuten-Ablesung geben, Fernrohr zum Durchschlagen von 18 mm Oeffnung und 10facher Vergrösserung.

2. Ein Theodolit mit Höhenkreis. Horizontalkreis 14,5 cm, Höhenkreis 11,5 cm, ersterer 20″, letzterer halbe Minuten angebend, Nonien-Ablesung, Fernrohr in der Mitte, 25fache Vergrösserung.

3. Zwei Heliotrope nach Bertram (auch an Bord anzufertigen).

4. Ein Stativ für Reflexions-Instrumente und ein künstlicher Horizont (Quecksilber odei Glas).

5. Ein Mikrometer-Fernrohr mit durchschnittenem Objectiv (20fache Vergrösserung, 33 mm Objectiv-Oeffnung, 370 mm Focallänge).

6. Ein Messband von Stahl, 20 m lang und ein Dutzend Stahlpinnen dazu.

7. Ein Dutzend Markirstäbe mit eisernen Spitzen (auch an Bord anzufertigen) und Material zur Errichtung von Signalen.

Für grössere Ausrüstungen würde noch dazu treten:

Ein astronomisches Universal-Instrument mit 13,5 cm Kreisen, Fernrohr von 20 und 30facher Vergrösserung. Mikroskopische Ablesung auf 10″.

Ein Terzienzähler für Schallmessung.

Ein Aneroid für Höhenmessungen.

Vermehrung der Ausrüstung an Reflexions-Instrumenten, ein zweites Stativ für solche, ein zweites Mikrometer-Fernrohr, Vermehrung der Ausrüstung an Uhren und Fernrohren.

An Zeichnen-Instrumenten sind erforderlich:

1. Reissbretter verschiedener Grösse.

2. Metalllineale von 1 m Länge mit Millimeter-Theilung.

3. Winkel-Transporteure verschiedener Construction (protractor, station pointer).

4. Stangenzirkel.

5. Reisszeuge, Kartenbeschwerer, Dreiecke etc.

Zeichnenpapier wird zweckmässig auf Leinwand aufgezogen mitgegeben. Ausserdem ist Oelpapier, Zeichnenleinwand und in Centimeter und Milimeter quadrirtes Gitterpapier nothwendig.

Alle Notizbücher sind zweckmässig aus quadrirtem Papier herzustellen.

Anstellung von Beobachtungen über Ebbe und Fluth.

Von

C. Börgen.

Fluth und Ebbe oder die Gezeiten nennen wir die Erscheinung des regelmässigen Hebens und Senkens des Wasserspiegels, welches sich innerhalb eines Tages in der Regel zweimal vollzieht. Hochwasser heist der höchste, Niedrigwasser der etwa $6^h\ 12^m$ später eintretende niedrigste Wasserstand, dem wieder nach ca. $6^h\ 12^m$ ein neues Hochwasser folgt. Verfolgen wir die Erscheinung näher, so bemerken wir, dass eine Abhängigkeit des Eintritts von Hoch- und Niedrigwasser von der Stellung des Mondes stattfindet, derart, dass diese Phasen immer um eine gewisse, freilich innerhalb ziemlich weiter Grenzen wechselnde, Zeit später eintreten als der Durchgang des Mondes durch den Meridian.

Man hat daher auch für dieses Zeitintervall eine besondere Bezeichnung eingeführt, nämlich Mondfluthintervall und man nennt das specielle Mondfluthintervall, welches am Tage von Neu- oder Vollmond stattfindet, die Hafenzeit (engl. establishment of the port). Ferner wird sich herausstellen, dass die Hochwasser an verschiedenen Tagen verschieden hoch sind und ebenso, dass die Niedrigwasser in nahe demselben Maasse, in dem das Hochwasser höher wird, weniger hoch ansteigt, oder mit anderen Worten, dass die Amplitude des Wasserstandes oder der Fluthwechsel an verschiedenen Tagen ein verschiedener ist und dass derselbe gesetzmässig zu- und abnimmt. Bringen wir dies in Verbindung mit der Stellung des Mondes zur Sonne, so werden wir sehen, dass der Fluthwechsel 1 bis $2\frac{1}{2}$ Tage nach Neumond am grössten und 1 bis $2\frac{1}{2}$ Tage nach erstem

Viertel am kleinsten ist, dann wieder wächst, um gleiche Zeit nach Vollmond wieder ein Maximum, und nach dem letzten Viertel wieder ein Minimum zu erreichen. Wir nennen dies Maximum des Fluthwechsels, welches also um eine gewisse an verschiedenen Orten verschiedene Zeit später eintritt, als Neu- und Vollmond die Springfluth und das Minimum des Fluthwechsels, welches um die gleiche Zeit später als erstes und letztes Viertel stattfindet Nippfluth (auch wohl Taubefluth).

Bringen wir in ähnlicher Weise auch die Mondfluthintervalle an verschiedenen Tagen mit der Stellung von Sonne und Mond in Verbindung, so bemerken wir, dass das Zeitintervall zwischen dem Meridiandurchgang des Mondes und der Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser sich gesetzmässig ändert und dass dasselbe um einen mittleren Werth herum schwankt. Die Ursache dieser und ebenso der gesetzmässigen Aenderung der Höhe von Hoch- und Niedrigwasser von einer Springfluth zur andern ist demnach in der gegenseitigen Stellung von Sonne und Mond zu suchen, deren Anziehungen sich bald unterstützen, bald wieder einander entgegenwirken und da sich dieses im Laufe eines halben Monats vollzieht, so hat man die Abweichung des Mondfluthintervalls wie der Höhe des Hoch- und Niedrigwassers von ihrem mittleren Werth die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und in Höhe genannt. Man wird bei grösserer Aufmerksamkeit bald entdecken, dass die halbmonatliche Ungleichheit nicht unbeträchtliche Veränderungen zeigt, welche von der Entfernung des Mondes und der Sonne von der Erde, sowie von der Declination dieser Gestirne abhängen.

Betrachten wir die Aufeinanderfolge der Hoch- und Niedrigwasser nach Zeit und Höhe etwas näher, so werden wir in den meisten Fällen finden, dass die aufeinanderfolgenden Hochwasser, die an einem und demselben Tage eintreten, nicht zu der gleichen Höhe auflaufen, sondern dass im Allgemeinen in der einen Hälfte des Jahres das Vormittags-Hochwasser höher ist als das Nachmittags eintretende und in der anderen Jahreshälfte das umgehehrte der Fall ist; ferner dass die Zwischenzeit zwischen dem Eintritt des Vor- und Nachmittaghochwassers bald grösser bald kleiner ist, als das Intervall zwischen dem Nachmittags- und dem folgenden Vormittagshochwasser. Bei

Niedrigwasser treten ganz ähnliche Erscheinungen auf. Diese Abweichungen von dem regelmässigen Verlauf der Gezeiten, wie er bisher geschildert worden ist, werden die tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe genannt, weil sich nach Ablauf eines Tages das Hoch- und Niedrigwasser wieder in regelmässiger Weise einstellt. Genauere Beobachtung zeigt, dass die tägliche Ungleichheit veränderlich ist und dass dieselbe mit der Declination des Mondes zusammenhängt, derart, dass dieselbe einige Zeit nach dem Tage, wo die Declination ihr Maximum erreichte, am grössten und = 0 ist einige Zeit nachdem der Mond im Aequator stand. Auch die Sonne bewirkt eine tägliche Ungleichheit, die jedoch erheblich kleiner ist.

Nachdem wir die wichtigsten Erscheinungen kennen gelernt haben, welche sich im Verlaufe der Fluth und Ebbe darbieten, wollen wir nun diejenigen Eigenthümlichkeiten erwähnen, welche theils durch locale Verhältnisse hervorgerufen werden, theils einzelnen grösseren Meeresabschnitten angehören und daher besonders der Aufmerksamkeit empfohlen werden müssen.

In erster Linie haben wir hier solche Erscheinungen zu nennen, die grösseren Meeresabschnitten angehören. Hierzu gehört ganz besonders das in manchen Gegenden stattfindende Ueberwiegen der täglichen Fluthwelle, welches sich an manchen Orten derart steigert, dass an den meisten Tagen nur ein Hoch- und ein Niedrigwasser stattfindet und nur an wenigen Tagen der gewöhnliche Verlauf der Gezeiten (zwei Hoch- und zwei Niedrigwasser am Tage) beobachtet wird, welches auch dann stets nur schwach ausgeprägt ist. Dieses Ueberwiegen der täglichen Fluth findet im ganzen indischen Ocean und in den chinesichen Gewässern statt, wo z. B. in dem Golf von Tongking reine Eintagsfluthen vorkommen, ebenso ist an der südlichen nordamerikanischen Küste die tägliche Ungleichheit sehr stark und im Golf von Mexico ist die eintägige Fluth in den allerdings nur niedrigen Gezeiten überwiegend. An der pacificischen Küste der Vereinigten Staaten ist die tägliche Ungleichheit gleichfalls sehr gross und ebenso auf den Inseln des stillen Oceans.

Auch in der halbtägigen Fluth sind Unregelmässigkeiten beobachtet, die wohl ihre Ursache in der Interferenz von zwei auf verschiedenen Wegen an den Ort der Beobachtung ge-

langenden Wellen haben. Das Verhältniss der fluthérzeugenden Anziehungskräfte von Mond und Sonne soll theoretisch wie 1 : 0,34 sein und wird an den meisten Orten auch annähernd so gefunden, es sind jedoch einige Localitäten bekannt, an denen dieses Verhältniss ein wesentlich anderes ist, in Tahiti z. B. ist nach Belcher und Rodgers' Beobachtungen das Verhältnis 1 : 1 und Airy fand für Courtown an der irischen Küste sogar die Mondfluth kleiner als die Sonnenfluth, während an einer anderen Stelle des irischen Canals die Gezeiten überhaupt fast verschwinden.

Unter den Erscheinungen, welche localen Ursachen ihre Entstehung verdanken, fällt am meisten in die Augen das ausserordentlich hohe Ansteigen des Hochwassers und ebensolches Abfallen des Niedrigwassers, wie es an einigen Orten der Fall ist.

Diese Erscheinung ist in grösserem oder geringerem Maasse überall dort zu erwarten, wo die Fluthwelle in einen längeren breiten, an seinem inneren Ende geschlossenen Meeresarm eintritt, welcher entweder nahezu parallele oder langsam convergirende Ufer besitzt. Es wird dann stets die Amplitude der Gezeiten wachsen vom Eingange der Bucht bis ins Innere. Mündet im Innern der Bucht ein Fluss, in welchen die Fluthwelle hineindringt, so nimmt die Höhe derselben ziemlich rasch ab, es treten aber andere Erscheinungen auf, welche sogleich erwähnt werden sollen, die allen Flusstiden gemeinschaftlich sind. Beispiele solcher Buchten, in denen sehr hohe Gezeiten vorkommen, sind: Fundy-Bay zwischen Nova-Scotia und New-Brunswick, in welcher die höchsten Fluthen auf der Erde (bis zu 15 Meter) verzeichnet werden, ferner der Bristol-Canal (bei Chepstow bis 12 Meter), die Bucht von St. Malo (bei Granville bis 12 Meter), Hang-tscheu-Bay (bis 10 Meter), ferner auf Korea. Dasselbe wird an der Ostküste von Patagonien beobachtet, wo in der Santa Cruz-Bay bei Puerto Gallegos bis 14 Meter und in dem östlichen Eingange der Magellans-Strasse, wo 13 Meter vorkommen. Die vorstehenden Zahlenangaben beziehen sich auf Springtide, bei Nipptide ist die Amplitude der Fluth natürlich bei weitem geringer. Bemerkenswerth ist bei allen diesen Fällen, dass sich das Hochwasser sehr rasch die Buchten hinauf fortpflanzt, in der Fundy-Bay z. B. ist der Zeitunterschied zwischen Hochwasser am Eingange und ganz

im Innern dieser langen Bay nur wenig mehr wie $1^1/_2$ Stunden, im Bristol-Canal hat Chepstow 2^h 15^m später Hochwasser als Lundy Island.

Diese Erscheinungen bieten grosses Interesse dar; für ein genaueres Studium wird es sich ganz besonders darum handeln, ausser zuverlässigen Beobachtungen der Gezeiten an verschiedenen Punkten der Küsten und einer Karte derselben, eine gute Darstellung des Bodenreliefs durch sorgfältige Auslothung der betreffenden Buchten und der vorliegenden Gründe bis zum tiefen Wasser zu erhalten.

Dies kann kaum Gegenstand der Untersuchung für eine einzelne Person oder Expedition sein, für welche diese Anleitung in erster Linie bestimmt ist, sondern muss besonderer Vermessung überlassen bleiben, deshalb sehen wir hier von genauerer Instruction ab; es durfte jedoch hier nicht unerwähnt gelassen werden, da gewiss mancher Reisende in der Lage sein wird, hie und da eine Anregung zur Ausführung solcher Arbeiten zu geben. Aber auch abgesehen von einer solchen detaillirten Untersuchung ist jede zuverlässige Angabe über das Vorkommen, die Höhe und den Verlauf von so ausserordentlichen Gezeiten von Interesse und es sollte nicht versäumt werden, diese Angaben zu sammeln.

Fernere Erscheinungen, welche durch die Form der Küsten, durch das Eindringen der Fluthwelle in die Flussmündungen (die daher auch bis zu dem Punkte, bis wohin sich die Gezeiten bemerklich machen, Aestuarien genannt werden) hervorgebracht werden, sind auch folgende, deren Feststellung sich zum Theil aus der Beobachtung des ganzen Verlaufs der Gezeitenerscheinung an einem Orte ergiebt, deren Beachtung sich jedoch auch da empfiehlt, wo genauere Beobachtung nicht möglich ist. Allgemein ist die Amplitude der Gezeiten an der Küste und in Flussmündungen erheblich grösser als im freien Ocean, man wird daher in einem langen Stromschlauch, wie ihn z. B. eine Flussmündung darstellt, bis zu einer gewissen Entfernung flussaufwärts von der freien See aus ein Wachsen des Fluthwechsels wahrnehmen, welches dann jedoch in ein Abnehmen übergeht, bis in einer gewissen Entfernung von der Mündung in Folge der Reibung und des Gegenstaues des Flusswassers die Einwirkung der Gezeiten ganz aufhört. Hiermit steht in Verbindung, dass das Steigen des Wassers, je weiter den Fluss

hinauf, desto kürzere, das Fallen längere Zeit in Anspruch nimmt als auf See. Während an freigelegenen Küstenstationen und auf See das Steigen und Fallen des Wassers gleich lange Zeit (6^h $12,^m5$) in Anspruch nimmt, steigt das Wasser z. B. in Cuxhaven an der Elbmündung 5^h 34^m und es fällt 6^h 51^m, in Hamburg braucht es zum Steigen nur 4^h 39^m, dagegen zum Fallen 7^h 46^m. An manchen Orten tritt diese Erscheinung in noch viel höherem Maasse ein, so in Newnham am Severn, wo das Wasser nur 1^h 30^m zum Steigen, dagegen 10^h 55^m zum Fallen gebraucht. In Verbindung mit einer so stark durch die Bodenbeschaffenheit entstellten Welle tritt eine Erscheinung auf, die wir mit dem Namen Fluthbrandung (Stürmer-) bezeichnen wollen. Sie besteht darin, dass eine hohe Fluthwelle, die sehr rasch bis zum Hochwasser anschwillt, bei Beginn des Steigens rasch mit einer sichtbaren Aenderung des bisherigen Niveaus des Wassers in den Fluss eindringt und sich stark brandend über die die Stromrinne einschliessenden und bei Niedrigwasser trocken liegenden Bänke ergiesst, eine Erscheinung, die sich mehrmals hintereinander wiederholen kann. Nachdem die einschliessenden Untiefen mit Wasser bedeckt sind, geht das weitere Steigen des Wassers in regelmässiger Weise ohne Störungen von Statten. Nach Airy ist zur Entstehung einer Fluthbrandung ausser einer rasch ansteigenden Fluthwelle das Vorhandensein ausgedehnter Bänke an der Seite der Stromrinne nothwendig; wo die eine oder die andere Bedingung nicht erfüllt ist, tritt auch keine Fluthbrandung auf. Die Erscheinung kommt vor im Severn (wo sie „bore" heisst), in der Seine und Gironde (wo sie unter dem Namen „mascaret" bekannt ist), am Amazonenstrom (wo die Eingeborenen sie „Pororoca" nennen), im Hugly und anderen asiatischen Strömen. In Nord-Amerika kommt sie u. a. auch in der von der Fundy-Bay abzweigenden Chignecto-Bay und Bay of mines vor. Es scheint, als ob darüber eine Meinungsverschiedenheit bestehe, ob das Wasser über die ganze Breite des Flusses brande oder nur über die einschliessenden Bänke. Airy giebt bestimmt das letztere an und führt als weiteres Zeugniss dafür, dass in dem tieferen Wasser die Welle ungestört sich fortpflanzt, an, dass auf dem Hugly Boote in die Mitte des Stromes gerudert werden, um sie aus dem gefährlichen Bereich der herannahenden Fluthbrandung zu bringen. Da jedoch darüber ein Zweifel zu

bestehen scheint, so ist jede darauf bezügliche Notiz, sowie jede ausführliche Beschreibung und genauere Beobachtung über die Fluthbrandung und die begleitenden Umstände also: Art und Dauer des Steigens und Fallens des Wassers, Grösse der Amplitude der Gezeit, Gestalt und Tiefe des Flussbetts bei Niedrigwasser, namentlich, ob sich neben der Fahrrinne ausgedehnte Sände befinden u.. dergl. von grossem Interesse.

Andere Erscheinungen, die ebenfalls ihren Grund in der Gestaltung und Länge des Flussbettes haben, sind die mehrfachen Hoch- und Niedrigwasser innerhalb derselben Tide. In der Regel ist ein Hochwasser das höchste und wird als das eigentliche Hochwasser betrachtet. Nachdem das Wasser eine Zeitlang gefallen ist, hört das Fallen auf und es beginnt wieder zu steigen, erreicht jedoch in der Regel nicht wieder die frühere Höhe, dann fällt es wieder und es kann unter Umständen noch einmal wieder steigen, bis es endlich seinen niedrigsten Stand erreicht, von wo es dann wieder in einem Zuge ohne Unterbrechung bis zum Haupthochwasser emporsteigt. Diese Erscheinung tritt auf in längeren engen Gewässern wie im Firth of Forth (wo sie unter dem Namen „the leaky“ bekannt ist), im Tay und vielleicht in der Themse. Auch diese Erscheinungen verdienen die Aufmerksamkeit der Beobachter. Aehnlicher Ursache ist das doppelte Hochwasser, welches am Helder (wo das zweite Hochwasser „Agger“ heisst), in Southhampton und den Häfen in der Nähe des Solent (Poole, Christchurch u. s. w.) beobachtet wird, sowie das verlängerte Hochwasser in Havre, welches diesem Hafen den Vortheil eines über $1^1/_2$ Stunden dauernden, sehr nahe gleichbleibenden Hochwasserstandes gewährt (la tenne du plein). Bei allen diesen Erscheinungen handelt es sich ausser um Constatirung der Thatsache und ihres Verlaufs auch darum, eine Beschreibung der Localität, der Tiefenverhältnisse, Vorhandensein und Lage von Bänken, Barren u. dgl. zu erhalten.

Was die Hoch- und Niedrigwasserzeiten betrifft, so wird man an Flüssen eine successive Verspätung des Eintritts dieser Phasen flussaufwärts constatiren. So hat Hamburg $4^h\ 21^m$ später Hochwasser als Cuxhaven und dieses wieder $1^h\ 19^m$ später als Helgoland.

Die meisten der im Vorhergehenden erwähnten Thatsachen werden auf die einfachste Weise dadurch constatirt, dass man

eine längere oder kürzere Zeit hindurch an einer Station gute Wasserstandsbeobachtungen anstellt, stündlich, wo der Verlauf der Fluth ein regelmässiger ist, und in kürzeren Zeitintervallen, wenn Besonderheiten auftreten, wie sie oben erwähnt worden sind.

Diese Beispiele zeigen, wie verschieden die Gezeiten unter Umständen auch an relativ wenig von einander entfernten Orten auftreten können, es ist deshalb wünschenswerth, von so vielen Punkten des Erdballs wie möglich zuverlässige Beobachtungen über die Gezeitenerscheinungen zu erhalten, sowohl um ihre kosmischen, als um ihre terrestrischen und localen Ursachen zu erforschen. Hierzu gehört aber eine möglichst genaue Kenntniss des Bodenreliefs, über welches sich die Fluthwelle bewegt, weil ihre Gestalt und Fortpflanzung in sehr hohem Maasse davon abhängt; es bilden daher Lothungen sowohl im flacheren Wasser der Küste als im tiefsten Wasser der Oceane eine nothwendige Ergänzung zu den Beobachtungen der Gezeitenerscheinungen, wenn man diese als ein Ganzes auffassen will.

Ehe wir zur Besprechung der Mittel der Beobachtung übergehen, müssen wir die mit den Gezeiten verbundenen Strömungen kurz erwähnen. Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass das Steigen und Fallen des Wassers mit einer horizontalen Bewegung desselben, einer Strömung verbunden ist, welche zuerst in einer bestimmten Richtung, darauf in der entgegengesetzten stattfindet. Zwischen dem Wechsel der Richtung tritt eine kurze Zeit ein, in welcher keine oder eine nur wenig bemerkbare Strömung stattfindet, das Stau- oder Stillwasser. In Häfen und dicht unter der Küste pflegt der Wechsel der Stromrichtung bei oder kurze Zeit nach Hoch- und Niedrigwasser einzutreten und man pflegt daher die Strömung, welche Hochwasser bringt, die Fluthströmung, diejenige, welche Niedrigwasser bringt, die Ebbeströmung zu nennen. Aus dieser Thatsache hat sich die Vorstellung gebildet, dass überall Stillwasser oder der Wechsel der Stromrichtung nahe gleichzeitig mit Hoch- und Niedrigwasser stattfindet und es ist daher öfter in Ermangelung anderer Beobachtung aus der Zeit des Stromwechsels auf die Zeit des Hochwassers geschlossen worden, jedoch kann nicht dringend genug vor solchen Schlüssen gewarnt werden, denn thatsächlich kann der Stromwechsel bis über 3 Stunden nach Hoch- und Niedrigwasser eintreten, und dies

wird sogar im freien Meere stets der Fall sein müssen, wie sich aus der Natur der Wellenbewegung ergiebt, welche gerade bei den extremen Phasen (Hoch- und Niedrigwasser) die stärkste Strömung erzeugt. Mit der Annäherung an die Küste und beim Eindringen der Fluthwelle in Flussmündungen verschiebt sich aber die Zeit des Stromwechsels immer näher nach Hoch- und Niedrigwasser, um in geschlossenen Buchten und ganz dicht unter der Küste ganz mit diesen Phasen zusammenzufallen.

Die Stärke der Strömung hängt von der Höhe der Gezeiten und der Tiefe des Wassers ab und kann unter Umständen sehr erheblich sein. Die Kenntniss der Gezeitenströmungen ist daher für jedes Gewässer und besonders für jeden Hafen von grösster Wichtigkeit, und es sollte keine Gelegenheit versäumt werden, dieselben genauer zu studiren, sowohl ihrer Richtung als ihrer Geschwindigkeit nach, und ebenso der Art nach, wie die eine Stromrichtung in die andere übergeht. In Häfen und Buchten wird dies in der Regel in der Weise vor sich gehen, dass, wie schon erwähnt, die eine Stromrichtung allmählich aufhört, dann eine kurze Pause ohne wahrnehmbaren Strom eintritt, und dann der Strom aus entgegengesetzter Richtung wieder einsetzt und bald in voller Stärke auftritt. Es kommt aber in der Nähe der Küsten häufig vor, dass ein derartiges, so zu sagen plötzliches Uebergehen der einen Richtung in die andere nicht stattfindet, sondern dass der Strom allmählich ohne jemals ganz aufzuhören aus einer anderen Richtung kommt, so dass im Laufe einer ganzen Tide, d. h. von Hochwasser bis Hochwasser ein verankertes Schiff (Windstille natürlich vorausgesetzt) auf allen Kursen im Strom von wechselnder Stärke gelegen hat. In der Regel wird der Strom auf zwei entgegengesetzten Richtungen nahe gleiche Stärke haben und zwei Richtungen werden sich durch besonders kräftigen Strom auszeichnen, während derselbe auf allen anderen Kursen schwächer, und am schwächsten auf den zu der Maximalrichtung senkrechten Kursen sein wird; es kommen auch Fälle vor, wo die Geschwindigkeit des Stromes auf allen Kursen die gleiche ist, doch ist dies wohl eine Ausnahme. Die Drehungsrichtung des Stromes richtet sich nach der Regel: Denken wir uns längs einer Küste segelnd und zwar **mit** dem Fluthstrom, so dreht der Strom mit dem Uhrzeiger, wenn das Land an der linken Seite, und gegen den Uhrzeiger, wenn das Land auf der rechten Seite ist.

An vorspringenden Caps, wenn der Fluthwechsel in den hinter liegenden Buchten ein grosser ist, pflegt eine sehr starke Strömung aufzutreten, die unter Umständen gefährlich werden kann.

Als Beispiel, von welcher Wichtigkeit die Kenntniss der Gezeitenströmungen für die Navigation sein kann, mögen hier noch die Strömungen im englischen Canal und dem südlichen Theile der Nordsee nach den Untersuchungen des Capt. Becchey Erwähnung finden. Auf der Strecke von Start Point-Guernsey bis Cromer-Vliessingen richtet sich die Stromrichtung nach dem Wasserstand bei Dover. Bei Niedrigwasser zu Dover fliesst der Fluthstrom im englischen Canal nach Osten, in der südlichen Nordsee nach Westen; beide Strömungen treffen sich auf einer ziemlich scharf begrenzten Linie, die von Beachey-Head nach Pointe d'Ailly führt. Dies bleibt so bis zur Zeit von Hochwasser bei Dover, nur verschiebt sich die Linie, auf der sich die Strömungen treffen, allmählich bis nach North-Foreland-Dunkerque. Bald nach Hochwasser bei Dover tritt im Canal und dem in Rede stehenden Theile der Nordsee Stillwasser ein, mit Ausnahme des Theiles des in Frage stehenden Gebietes zwischen Beachey-Head und North-Foreland einerseits und Pointe d'Ailly und Dunkerque andrerseits liegt, wo die Strömung aus Westen sich noch fortsetzt. Diese wird von Becchey „intermediate current“ (Zwischenstrom) genannt. Im englischen Canal beginnt sodann der Ebbestrom mit rasch zunehmender Geschwindigkeit aus Osten, in der Nordsee aber aus Westen zu laufen, der letztere vereinigt sich mit dem noch aus Westen laufenden Zwischenstrom und die Scheide beider Strömungen liegt wieder auf der Linie Beachey-head - Pointe d'Ailly. Die Stromscheide verschiebt sich nun wiederum nach Osten bis zu der obengenannten Grenze, es herrscht also jetzt in der Strasse von Dover ein Zwischenstrom aus Osten, der auch noch fortdauert, nachdem bei Dover Niedrigwasser, im Canal sowohl wie in der Nordsee Stillwasser eingetreten ist. Im Canal beginnt dann der Fluthstrom wieder aus Westen, in der Nordsee aus Osten zu laufen, letzterer vereinigt sich mit dem östlichen Zwischenstrom in der Strasse von Dover und die Stromscheide liegt wieder wie zu Anfang in der Linie Beachey-head—Pointe d'Ailly. Die Geschwindigkeit der Strömung ist eine sehr erhebliche (über 3 bis stellenweise 5—6 Knoten), so dass, wie man sieht, die

Kenntniss dieser Verhältnisse für die Navigation von grosser Wichtigkeit sein kann.

Durch den Wind können die Strömungserscheinungen ebenso wie überhaupt die Flutherscheinungen in mannigfacher Weise abgeändert werden. Längere Zeit anhaltender kräftiger Wind aus derselben Richtung wird je nach der Lage des Beobachtungsortes den mittleren Wasserstand über das gewöhnliche Niveau hinauftreiben, oder ihn unter dasselbe hinunterdrücken. Die kosmischen Ursachen entstammende Fluth und Ebbe wird dadurch in Wirklichkeit nicht, sondern nur scheinbar geändert, weil das mittlere Niveau des Wassers bei den verschiedenen Phasen der Gezeiten der verschiedenen Windstärke gemäss verschieden beeinflusst wird. Das Maximum der Einwirkung des Windes entsteht bei den sogenannten Sturmfluthen, bei denen ein Sturm den Wasserspiegel mehr oder weniger in die Höhe treibt. Dabei kann es vorkommen, dass das Hochwasser um eine Stunde und mehr verfrüht oder verspätet wird und dass das Niedrigwasser höher bleibt als sonst Hochwasser zu sein pflegt. Welche Gefahren mit diesen gewaltigen Fluthen für Land, Menschen und Menschenwerk verbunden sein können, davon giebt manche schwere Katastrophe an unserer Nordseeküste Zeugniss.

Auch andere meteorologische Vorgänge haben Einfluss auf den Wasserstand, wenn auch theilweise in viel geringerem Grade als der Wind. Das Wasser steigt höher an bei niedrigem Barometerstande als bei hohem und zwar ungefähr um 1 cm für jedes Millimeter Luftdruckänderung.

Liegt eine Beobachtungsstation an einem Flusse, so wird der Wasserstand wesentlich von der Wasserführung des Flusses beeinflusst, welche wiederum von den Niederschlägen im Oberlaufe desselben wie seiner Nebenflüsse abhängt, auch hier wird im Allgemeinen nur der mittlere Wasserstand beeinflusst, während die kosmische Gezeit ungestört sich manifestirt.

Es geht hieraus hervor, dass die Beobachtung der meteorologischen Verhältnisse eine nothwendige Ergänzung der Gezeitenbeobachtungen sein muss und daher nicht versäumt werden sollte.

Nachdem wir im Vorhergehenden die verschiedenen Erscheinungen kennen gelernt haben, welche die Gezeiten der Beobachtungen darbieten, wollen wir nun dazu übergehen, die Mittel

zu beschreiben, durch welche wir diese Erscheinungen feststellen und der wissenschaftlichen Untersuchung zugänglich machen können. Vorauszuschicken ist die allgemeine Bemerkung, dass Beobachtungen über die Gezeiten um so werthvoller sind, je vollständiger sie sind, d. h. über einen je grösseren Zeitabschnitt sie sich erstrecken und in je kleineren Zeitintervallen die Beobachtungen des Wasserstandes auf einander folgen.

Die Beobachtung der Gezeiten kommt darauf hinaus, eine Reihe von Wasserstandsbeobachtungen auszuführen, die sich über eine Reihe von Tagen, Wochen oder Monaten ausdehnen. Das einfachste Mittel hierzu ist das, einen in Centimeter oder Decimeter eingetheilten Maassstab senkrecht im Wasser zu befestigen, und von Zeit zu Zeit den Wasserstand zu notiren. Hierbei kommt es wesentlich darauf an, dass man die Ortszeit innerhalb einer Minute genau kennt und immer genau notirt, zu welcher Stunde und Minute eine Ablesung des Wasserstandes gemacht worden ist. Hierbei sollte die grösste Gewissenhaftigkeit beobachtet werden, da bei hohen Fluthen schon ein Irrthum von 1 bis 2 Minuten einen erheblichen Unterschied im Wasserstande machen kann. Es ist natürlich am einfachsten, wenn man den ganzen Verlauf der Tide an einem einzigen Maassstab beobachten kann, bei sehr hohen Fluthen wird dies aber nicht immer möglich sein, da der Maassstab zu lang und dadurch zu wenig stabil werden würde, es wird in diesen Fällen nothwendig sein, mehrere kleine Maassstäbe zu brauchen, die in verschiedenen Entfernungen vom Ufer aufgestellt werden und je nach Bedarf in Benutzung zu nehmen sind. Die Maassstäbe, deren Theilungen in einander übergreifen, sind dann durch ein Nivellement mit einander in Verbindung zu setzen, welches einfach in folgender Weise ausgeführt werden kann. Man stellt an Land einen sorgfältig nivellirten Theodoliten auf, stellt das Fadenkreuz des Fernrohrs auf einen vollen Theilstrich des untersten Pegels (I), an dem die niedrigsten Wasserstände abgelesen werden, ein, führt dasselbe dann durch horizontale Drehung auf die Theilung des zweiten Pegels (II) und liest den Theilstrich und Bruchtheile desselben ab, auf welchen das Fadenkreuz jetzt einspielt; zur Controle wird nun ein voller Theilstrich des Pegels II eingestellt und abgelesen, wo das Fadenkreuz den Pegel I trifft. Sind mehrere Pegel nothwendig, so wird einer der obersten Theilstriche des Pegels II eingestellt, das Fern-

rohr auf Pegel III geführt und die Stellung des Fadenkreuzes innerhalb der Theilung abgelesen u. s. w.

Endlich wird noch ein an Land aufgestellter Maassstab auf gleiche Weise mit dem dem Lande am nächsten befindlichen Pegel in Verbindung gebracht und hier eine feste Marke angebracht, deren Höhe über dem Nullpunkt der Pegel somit bekannt wird und als Controle dienen kann, um etwaige Verrückungen der Pegel zu constatiren und dieselben wieder einrichten zu können. Eine Controle dieses Nivellements ergiebt sich dadurch, dass man zu Zeiten, wo das Wasser den oberen Theil des einen und den unteren des anderen Pegels bespült, den Wasserstand an beiden Pegeln gleichzeitig abliest. Dies giebt bei ruhigem Wasser eine sehr gute Bestimmung der Beziehungen der Pegel zu einander.

Ob man an einem Pegel oder an mehreren beobachtet, oder welches Mittel der Beobachtung man immer anwenden möge, man sollte es niemals versäumen, den Nullpunkt, von dem aus man den Wasserstand misst, mit einer an Land möglichst unveränderlich angebrachten, leicht auffindbaren Marke in Verbindung zu bringen und wenn möglich, die Höhe der Marke über dem mittleren Wasserstand daneben zu vermerken. Dies giebt ein in später Zukunft höchst werthvolles Mittel, um über die Hebung oder Senkung einer Küste zuverlässige Daten zu gewinnen.

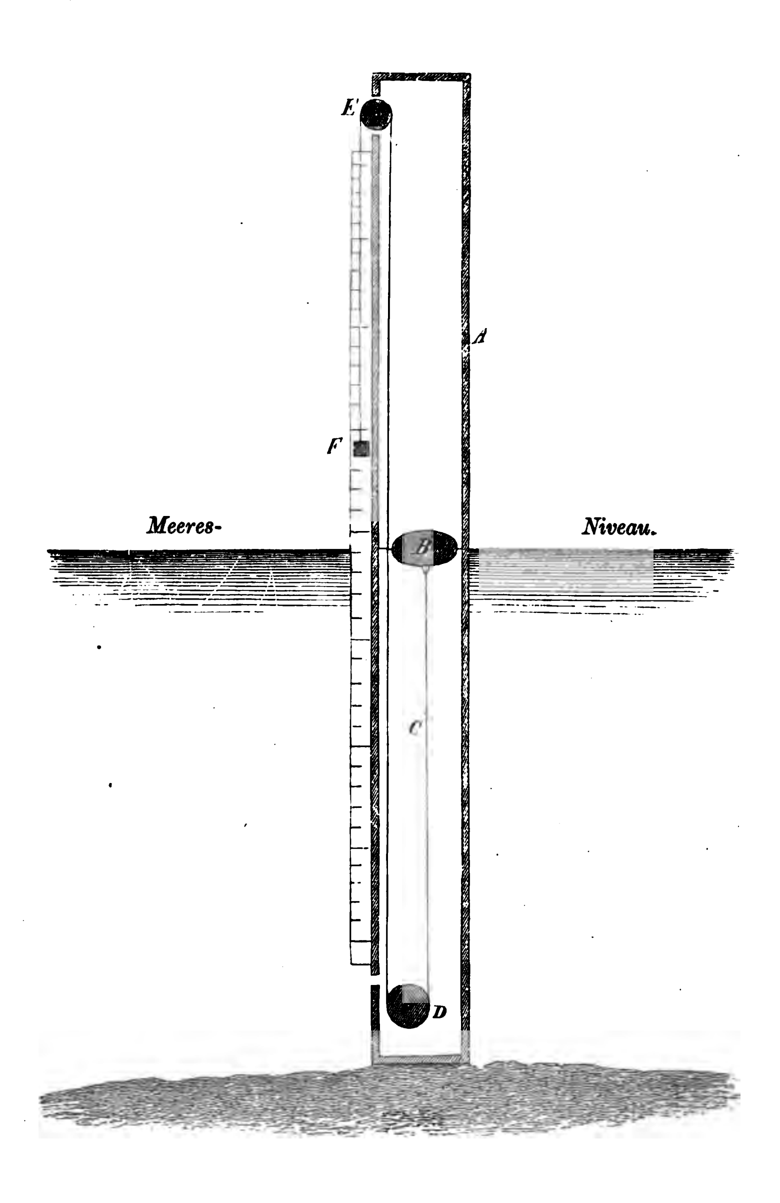
Die Beobachtung des Wasserstandes an einem einfachen in's Wasser gesetzten Maasstabe hat unter Umständen seine Schwierigkeiten, weil das Wasser bei Seegang an dem Pegel auf und nieder geht und die Schätzung der Mittellage, welche dem ungestörten Niveau entsprechen würde, ungenau wird. Deshalb hat man verschiedene Mittel ersonnen, den Wellenschlag auszuschliessen, oder doch soweit abzuschwächen, dass die Schwankungen des Wasserspiegels am Pegel der Genauigkeit der Ablesung keinen Eintrag thun. Die wirksamsten Mittel zur Erreichung dieses Zweckes bestehen darin, einestheils dem Wasser nur auf einem bestimmten Wege den Zutritt zu dem Pegel zu gestatten, anderntheils denselben bis zu einem gewissen Grade zu erschweren. Eine Welle, wie sie durch den Wind gebildet wird, entsteht dadurch, dass die Wassertheilchen um ihre Ruhelage Kreise beschreiben, wobei das folgende Theilchen

seine Bewegung später beginnt als das vorhergehende. Diese Bewegung der Wassertheilchen nimmt nach der Tiefe zu in geometrischer Progression sehr rasch ab, so dass dieselbe schon in einer Tiefe, welche der Länge der Welle (dem Abstand von einem Wellenberg zum nächsten) gleich ist, auf $^1/_{535}$ der an der Oberfläche beobachteten Bewegung verkleinert ist. Wird z. B. an der Oberfläche eine Wellenhöhe von 1 Meter und eine Länge von 4 Metern beobachtet, so entsteht die Welle wie gesagt dadurch, dass jedes Wassertheilchen einen Kreis von 1 Meter Durchmesser beschreibt, jedes folgende Theilchen aber seine Bewegung etwas später beginnt als das vorhergehende. Die tiefer gelegenen Wassertheilchen beschreiben immer kleinere Kreise und in einer Tiefe von 4 Metern unterhalb des ungestörten Niveaus ist die Bewegung bereits so abgeschwächt, dass die Theilchen nur noch Kreise von $^1/_{535}$ Meter oder ca. 2 Milimeter Durchmesser beschreiben. Der Wellenschlag wird hiernach schon dadurch ganz erheblich abgeschwächt, dass man das Wasser nicht direct an den Pegel herantreten lässt, sondern die Zutrittsöffnung möglichst tief unterhalb der Oberfläche des Wassers verlegt. Eine Wirkung in gleichem Sinne erzielt man, wenn man die Zutrittsöffnung möglichst klein macht, doch sollte dies nicht übertrieben werden, auch muss dafür Sorge getragen werden, dass sich die Oeffnung nicht durch Sand, Schlamm, Algen u. dgl. verstopfen kann.

Setzt man daher ein Rohr, welches unten geschlossen und nur am unteren Ende mit einer oder mehreren kleinen Oeffnungen versehen ist, in's Wasser, so wird dieses sich in dem Rohr sehr gleichmässig und nahezu unbeeinflusst von dem Wellenschlage nur unter dem Einflusse der Gezeiten heben und senken. Zum Ablesen des Wasserstandes wird man am zweckmässigsten in das Rohr einen Schwimmer einführen und die Stellung des Schwimmers in demselben an einem Maassstabe ablesen. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Man könnte mit dem Schwimmer selbst einen Maassstab verbinden und beobachten, wie weit derselbe aus dem Rohr herausragt, oder man könnte ein Messband an dem Schwimmer befestigen, dasselbe über eine Rolle nach aussen führen, es durch ein Gegengewicht gespannt halten, und nun ablesen, welcher Theilstrich des Bandes bei einem festen Index steht, doch erscheinen diese Einrichtungen nicht recht praktisch. Auch könnte man die letztere

Einrichtung so modificiren, dass man anstatt eines Messbandes einen Draht über die Rolle führt und an dem Gegengewicht einen Index anbringt, welcher über einem festen Maassstab spielt. Diese Einrichtungen haben jedoch den Nachtheil, dass der Index bei Niedrigwasser hoch über dem Niveau des Wassers liegt, bei Hochwasser aber unter Umständen unter diesem Niveau zu liegen kommen kann. Deshalb ist die aus umstehender Zeichnung ersichtliche Einrichtung, welche bei der Küsten-Aufnahme in den Vereinigten Staaten zur Anwendung gelangt ist, vortheilhaft, weil bei ihr der Index bei jedem Wasserstande in der gleichen Höhe über dem Niveau des Wassers liegt, was besonders bei Beobachtung vom Boote aus bequem ist. In dem Rohr A, welches nur durch eine oder nöthigenfalls mehrere kleine Oeffnungen in der Nähe des Bodens mit dem Meere communicirt, bewegt sich der Schwimmer B auf und nieder. Von demselben geht ein Draht C nach unten über eine Rolle D und von dieser nach oben über eine zweite Rolle E und wird gespannt gehalten durch ein Gegengewicht F, welches sich in einer an der Aussenseite von A befestigten Röhre G auf und nieder bewegt. Diese Röhre trägt zu beiden Seiten eines Spalts, durch den ein an dem Gegengewicht befestigter Index tritt, einen Maassstab, an welchem der Wasserstand abgelesen wird. Die Rollen D und E sollten möglichst leicht drehbar sein und Eisen möglichst vermieden werden. Eine Kette dürfte sich nicht als so praktisch erweisen, wie ausgeglühter Messingdraht von mässiger Stärke.

Weitaus das beste Mittel zur Erlangung von zuverlässigen und vollständigen Daten über die Ebbe und Fluth, welches gleichzeitig für den Beobachter die grösste Bequemlichkeit gewährt und seine Zeit für andere Arbeiten frei lässt, bietet ein selbstregistrirender Fluthmesser. Seine Aufstellung erfordert freilich besondere Vorkehrungen und ist nicht so ohne Weiteres auszuführen, indess sind die damit zu erlangenden Resultate so unvergleichlich viel vollständiger als die durch directe Ablesung erhaltenen, dass die Mühe, welche die Aufstellung macht, sich reichlich belohnt, und es ausserordentlich wünschenswerth erscheint, an möglichst vielen Orten solche Instrumente, wenn auch nur zeitweise, aufzustellen. Das Princip des registrirenden Fluthmessers ist bei den bisher zur Anwendung gekommenen Apparaten, abgesehen von kleineren Abweichungen der Con-


E
A
F
Meeres-
Niveau.
B
C
D

struction das gleiche. In einem vertical stehenden Rohre, welches entweder direct oder durch eine Röhrenleitung mit dem Meere, dessen Gezeiten registriert werden sollen, in Verbindung steht, bewegt sich ein Schwimmer (entweder hohler Metallkörper oder ein aus Kork oder Holz hergestellter Schwimmkörper) mit dem Wasser unter dem Einfluss der Gezeiten auf und ab. Die Uebertragung der Bewegung des Wassers in Folge der durch Wind erzeugten Wellen auf das im Rohre befindliche Wasser sollte durch eines der oben genannten Mittel möglichst abgeschwächt sein. Von dem Schwimmer führt ein Draht (am besten ausgeglühter Messingdraht) an die Peripherie eines Rades I, dessen Umfang ein oder zwei Meter misst, und wird durch einen, an dem mit dem Rade I fest verbundenen zweiten Rade angreifenden Draht mit Gegengewicht stets gespannt gehalten. Indem der Schwimmer auf und nieder geht, wird das Rad in gleichem Maasse gedreht, da aber meistens die Gezeitenbewegung zu gross ist, um in natürlichem Maassstabe aufgezeichnet zu werden, weil alsdann der Apparat zu gross werden würde, so wird die Bewegung in verkleinertem Maassstabe auf den Schreibstift übertragen. Auf der Axe des Rades I, an dessen Peripherie der Schwimmer hängt, ist ein kleineres Rad II befestigt, dessen Umfang in einem bestimmten Verhältniss kleiner ist, als der des Rades I. Dieses greift in ein Trieb ein, mit welchem auf derselben Axe ein Rad III sitzt, an dessen Peripherie ein biegsames Band befestigt ist, dessen anderes Ende den Schreibstift trägt und das durch ein Gegengewicht gespannt gehalten wird. Der Durchmesser des Rades II, des Triebes und des Rades III wird so berechnet, dass ein Punkt am Umfange von III sich in dem gewünschten Verhältniss weniger dreht, als ein Punkt an der Peripherie von I. Der Schreibstift verschiebt sich natürlich um ebensoviel, wie ein Punkt an der Peripherie von III sich gedreht hat. Der Schreibstift sitzt in einem Schlitten, der in den Nuthen zweier horizontaler Führungsstangen sich verschiebt und ruht auf einer Walze, die mit Papier überzogen ist. Diese Walze wird durch eine Uhr in 24 Stunden herumgeführt und es entsteht durch die doppelte Bewegung, einmal der Walze und dann des Schreibstifts, auf dem Papier die Wasserstandscurve, aus der man nachher den Wasserstand zu jeder beliebigen Zeit entnehmen kann. Bei anderen Apparaten z. B. bei dem Reitz'schen Fluthmesser haben wir an Stelle des

Bandes eine Zahnstange, in welche ein Trieb eingreift. An der Zahnstange ist der Schreibstift (ein Diamant, welcher auf geschwärztem Glanzpapier die Curve einreisst) befestigt. Zur Vermeidung eines etwaigen todten Ganges ist an der Zahnstange ein Gewicht angebracht, welches auf dieselbe einen steten Zug in derselben Richtung ausübt. Diese Einrichtung giebt vollendete Genauigkeit und überaus zierliche Zeichnung der Curve. Die Eintheilung des Bogens in Meter und Stunden geschieht am besten vor dem Einlegen der Walze in den Apparat und hat man alsdann nachher dafür zu sorgen, dass der Schreibstift genau auf einer Stundenlinie steht, wenn die Uhr eine volle Stunde anzeigt. In welcher Weise dies bewerkstelligt wird, lässt sich allgemein nicht sagen, da dies bei verschiedenen Apparaten verschieden sein wird, meistens wird wohl eine Vorrichtung vorhanden sein, durch welche die Walze gegen ihre Axe mittels einer Mikrometerschraube gedreht werden kann. Um alle Ablesungen der Wasserstände auf einen und denselben Nullpunkt zu beziehen, ist es nothwendig, einen gewöhnlichen Pegel aufzustellen und diesen unter genauer Notirung der Zeit von Zeit zu Zeit abzulesen. Es werden dann nachher zu denselben Zeiten die Wasserstände von der Curve abgelesen und durch Vergleich mit den direct beobachteten Wasserständen eine Correction ermittelt, welche an alle von den auf dem betreffenden Bogen befindlichen Curven abgelesenen Wasserhöhen angebracht werden muss, um dieselben auf den Nullpunkt des Pegels zu beziehen, welcher seinerseits durch Nivellement auf einen festen, stets wieder auffindbaren Punkt bezogen werden muss. Auch die Lage des Pegel-Nulls zu dem festen Punkte ist öfter zu controliren, namentlich wenn der Pegel an Bauwerken (Quaimauern, Landungsbrücken u. dergl.) die bezüglich ihrer Stabilität zu Zweifeln Anlass geben können, angebracht ist.

Da Hoch- und Niedrigwasser im Mittel jeden Tag um 50 m später eintritt als am vorhergehenden, so ist ein Zusammenfallen der Curven zweier Tage erst nach Ablauf von 14 Tagen zu befürchten, und es kann daher die Walze 14 Tage stehen bleiben, ohne dass es nöthig wäre, den Bogen zu erneuern. Dies setzt jedoch voraus, dass die Curven sich als reine klare Linien darstellen, dass also die durch Wind erzeugte Wellenbewegung ausgeschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, so erscheinen die Curven nicht als Linien, sondern

als schattirte Bänder und es kann dann unter Umständen sehr schwer sein, die einzelnen Curven von einander zu trennen. Es ist deshalb in solchen Fällen nothwendig, den Bogen häufiger als alle 14 Tage zu wechseln; wie oft dies geschehen muss, hängt natürlich von den Umständen ab und können hier keine Vorschriften gegeben werden. Alle diese Schwierigkeiten werden vermieden, wenn die Curve nicht auf einen einzigen, um eine Walze geschlungenen Papierbogen, sondern auf einen continuirlichen breiten Papierstreifen aufgezeichnet werden, welcher sich auf der einen Seite des Schreibstifts von einer Trommel abwickelt, auf der andern Seite selbstthätig auf einer andern Trommel wieder aufwickelt. Die vollen Stunden werden alsdann durch die Uhr auf dem Bogen markirt, und ein fester Schreibstift zeichnet eine Basislinie, von der aus die Wasserstände gemessen werden.

Beim Betriebe eines registrirenden Fluthmessers sind folgende Punkte zu beachten, welche wir hier erwähnen, ohne eine ausführliche Instruction geben zu wollen, die stets an ein bestimmtes Instrument anknüpfen muss. 1. Die Uhr muss genau regulirt gehalten werden, und wenn dieselbe gestellt wird, dafür gesorgt werden, dass die Stellung des Schreibstifts zu den Stundenstrichen auf der Walze mit der Uhr übereinstimmt, was dadurch erkannt wird, dass der Schreibstift bei einer vollen Stunde über einem Stundenstrich stehen muss. Bei einigen Apparaten dreht sich die Walze beim Stellen der Uhr von selbst um ein entsprechendes Stück, sodass eine einmalige Regulirung genügt, es ist dies aber nicht bei allen Constructionen der Fall. 2. Die Ablesung des Controlpegels sollte für jeden Bogen mehrmals und so viel wie möglich bei sehr verschiedenen Wasserständen vorgenommen werden. Der Controlpegel sollte aber nicht in dem Schacht des Fluthmessers selbst, sondern ausserhalb an einer gegen Seegang möglichst geschützten Stelle angebracht werden. Der Zweck des Controlpegels ist einestheils, die aus den Curven entnommenen Wasserstände auf einen und denselben Nullpunkt zu beziehen, andererseits aber auch etwaige Unregelmässigkeiten in dem Apparat, eine Verstopfung der Zuleitungsrohre u. dgl. möglichst frühzeitig zu entdecken. 3. Bei jeder Controle des Apparats ist das Datum neben oder besser auf die Curve zu schreiben und nach deren Abnehmen ist auf jedem Bogen Datum (Jahr, Monat, Tag)

und Zeit von Anfang und Ende der Registrirungen und die Correction, welche an die Curvenablesungen anzubringen ist, um sie auf den Nullpunkt des Pegels zu reduciren und alle sonstigen Bemerkungen zu notiren, welche für die Beurtheilung des regelmässigen Verlaufs der Registrirung in der Zeit, während welcher der Bogen auf der Walze sich befand, von Wichtigkeit sind. 4. Möglichst bald nach Abnahme eines Bogens sind die Wasserstände für jede Stunde mittlerer Zeit, sowie die Hoch- und Niedrigwasserzeiten und Höhen von den Curven abzulesen und dieselben auf Null des Pegels zu reduciren. Die directen sowohl wie die reducirten Ablesungen sind in ein Journal einzutragen, welches zugleich alle sonstigen zur Reduction nothwendigen Daten wie auch die meteorologischen Beobachtungen enthalten sollte.

Neuerdings sind Apparate zum Registriren der Gezeiten vorgeschlagen worden, welche auf dem Princip des Manometers beruhen, da dieselben jedoch noch nicht genügend erprobt sind, so sehen wir von einer näheren Beschreibung derselben ab. Es scheint jedoch, als wenn dieselben namentlich den Vorzug haben würden, verhältnissmässig wenig Schwierigkeiten bezüglich ihrer Aufstellung zu machen, da es sich dabei hauptsächlich nur um eine wettersichere Unterbringung des Registrirapparats, nicht aber um Ausführung von Bauten, durch welche das Wasser Zutritt zu einem Punkte senkrecht unter dem registrirenden Theile erhält handeln wird, so dass diese Construction sich vielleicht als besonders für Reisegebrauch geeignet erweisen könnte. Ebenso lassen wir den electrischen Fluthmesser ausser Acht, weil derselbe nur an festen Stationen brauchbar ist und erhebliche Bauten, Kabelanlage u. s. w. erfordert, wenn auch der Registrirapparat leicht untergebracht werden kann.

Wir müssen noch kurz die Methoden und Instrumente erwähnen, welche zur Beobachtung von Strömungen dienen. Die einfachste Art, die Richtung und Geschwindigkeit einer Strömung zu beobachten, dürfte die sein, vom verankerten Boote aus ein Logg zu beobachten, sowohl mit Bezug auf die Richtung, in welcher das Loggscheit vom Boot aus peilt, als auch bezüglich der Geschwindigkeit, mit welcher die Loggeleine ausläuft. Es ist hierbei zweckmässig, die Loggeleine nicht wie sonst üblich, in Knoten, sondern in Meter einzutheilen und nicht mit dem Loggglase, sondern nach der Uhr zu beob-

achten, wie viele Meter der Loggeleine in einer halben oder ganzen Minute auslaufen. Genauere Mittel bieten der Irminger'sche Strom-Indicator und der Amsler-Laffon'sche Flügel dar, deren Beschreibung hier unterbleiben kann, da dieselbe sich im „Handbuch der Nautischen Instrumente" findet.*) Beide beruhen darauf, die durch die Strömung bewirkten Umdrehungen eines rotirenden Körpers (eines Schraubenflügels) zu zählen und aus der in einer gewissen Zeit beobachteten Anzahl auf die Geschwindigkeit der Strömung, durch die sie bewirkt wurden, zu schliessen. Die Beobachtungen über die Stärke und Richtung der Gezeitenströmungen sollten mindestens alle Stunden, in der Nähe des Stromwechsels öfter angestellt werden, um über die Beziehung zwischen Hoch- und Niedrigwasser und Stillwasser genaue Daten zu sammeln. Es genügt nur den allerersten Ansprüchen, Strombeobachtungen nur während einer oder zwei Tiden anzustellen, denn da die Geschwindigkeit des Stroms mit der Höhe der Gezeit zusammenhängt, so ist sie während der Periode von einer Springzeit zur andern veränderlich, und es ist von Wichtigkeit, diese Aenderungen festzustellen.

Indem wir nun dazu übergehen, speziellere Rathschläge bezüglich der Anstellung von Gezeitenbeobachtungen zu geben, muss vor Allem hervorgehoben werden, dass man nicht glauben möge, dass nur längere Reihen von Beobachtungen, zu denen häufig keine Zeit vorhanden ist, Werth besitzen. Auch ganz kurze Reihen von Beobachtungen, die sich z. B. nur über 14 Tage erstrecken, sind von Werth und lassen die Hauptdaten ermitteln, wenn nur die Beobachtungen sorgfältig und gewissenhaft gemacht sind, und solche kürzere Reihen von Beobachtungen anzustellen, wird sich beim Aufenthalt eines Schiffes in einem Hafen sehr häufig Gelegenheit bieten. Zur sorgfältigen und gewissenhaften Beobachtung gehört vor allem, dass der Pegel oder Registrirapparat zweckentsprechend aufgestellt und die Uhr, nach welcher beobachtet wird, richtige Ortszeit giebt, bezw. dass ihr Stand gegen Ortszeit innerhalb einer halben Minute bekannt ist.

Es ist bisher meistens Gebrauch gewesen, nur die Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser festzustellen. Wenn auch durch diese Beobachtungen, wenn sie einige Zeit (min-

*) Herausgegeben von dem Hydrographischen Amte der Kaiserlichen Admiralität.

destens 14 Tage) hindurch fortgesetzt worden sind, die Haupt-Constanten, wie mittleres Mondfluthintervall, Hafenzeit, angenäherte halbmonatliche Ungleichheit, Fluthwechsel u. dgl. erhalten werden können, so ist es doch, um die Gezeitenerscheinungen kennen zu lernen, nicht genügend, nur die extremen Phasen zu beobachten, man bedarf vielmehr dazu der Kenntniss der ganzen Welle, wie sie uns durch Registrirapparate geliefert wird. Aber auch ohne solche complicirte Apparate lässt sich viel erreichen, wenn man entweder stündliche Beobachtungen des Wasserstandes ausführt, oder wenn die zur Verfügung stehende Zeit dies nicht erlaubt, doch wenigstens zwischen den extremen Phasen ein oder besser mehrmals zu genau zu notirenden Zeiten den Wasserstand beobachtet. Die extremen Phasen, Hoch- und Niedrigwasser, werden am besten in der Weise beobachtet, dass man um diese Phasen herum alle 5 bis 10 Minuten den Wasserstand notirt und dies von etwa 20 Minuten vor bis 20 Minuten nach der betreffenden Phase fortsetzt. Liest man dann noch mindestens einmal, besser aber öfter zu beliebigen, aber genau notirten Zeiten zwischen den extremen Phasen den Wasserstand ab, so ist man im Stande, nachträglich die Curve des Verlaufes der Gezeiten zu construiren und daraus die stündlichen Wasserstände, deren man zur weiteren wissenschaftlichen Verwerthung bedarf, zu entnehmen, ein Material, welches beinahe ebenso werthvoll ist, wie das durch stündliche Ablesungen erhaltene. Es versteht sich von selbst, dass, um wissenschaftlich brauchbares Material zu erhalten, die Beobachtungen auch in der Nacht angestellt werden müssen. Bietet der Verlauf der Gezeiten Eigenthümlichkeiten von denen wir oben eine Anzahl Beispiele kennen gelernt haben, so werden natürlich Beobachtungen der eben genannten Art nicht genügen, um diese Eigenthümlichkeiten der wissenschaftlichen Behandlung zugänglich zu machen, dazu gehören vielmehr systematische stündlich oder in noch kürzeren Zeitintervallen angestellte Tag und Nacht durchgeführte Beobachtungen, die sich ausserdem über einen längeren Zeitraum erstrecken müssen. Diese Besonderheiten sind indess nicht so häufig, dass es oft nothwendig sein wird, die Beobachtungen häufiger als alle Stunden zu machen. Ist kein selbstregistrirender Fluthmesser vorhanden, so sind stündliche Beobachtungen Tag und Nacht hindurch angestellt am werthvollsten, doch kann hierbei,

wenn es wegen Personalmangel absolut nothwendig sein sollte, die Modification eintreten, dass in der Nacht nur etwa alle 3—4 Stunden eine Ablesung gemacht wird, doch ist es alsdann gut, ausserdem noch die extreme Phase zu beobachten, welche innerhalb dieser Zeit fällt. Als Nachtstunden würden etwa die Stunden von 8^h oder 10^h pm bis 6^h am zu betrachten sein und es würde um Mitternacht und um 4 Uhr früh der Pegel abzulesen sein, ausserdem aber würde es wünschenswerth sein, auch noch das Hoch- oder Niedrigwasser, welches innerhalb dieses Zeitintervalls, fällt zu beobachten; um 6^h früh würden dann die regelmässigen stündlichen Beobachtungen wieder beginnen; im Laufe des Tages brauchen zwar bei Anstellung von stündlichen Beobachtungen die Hoch- und Niedrigwasser nicht beobachtet zu werden, jedoch ist es nicht unerwünscht, wenn es geschieht.

Wir müssen noch auf einen Punkt aufmerksam machen. der bei Beobachtungen an einem Pegel störend sein kann, nämlich dass an manchen Localitäten, namentlich nach kräftigen Winden, Wellen aufzutreten pflegen, welche nicht dem gewöhnlichen Seegang entsprechen, der alle seine Phasen in wenigen Secunden durchläuft, sondern eine sehr viel längere Periode von 1 bis 20 Minuten und mehr haben. Diese Wellen, deren Amplitude mitunter sehr gross ist, können die Beobachtungen an einem gewöhnlichen Pegel recht wesentlich beeinflussen, und es ist daher Aufmerksamkeit erforderlich, um zunächst das Auftreten dieser Art von Wellen zu constatiren und nachher die Ablesungen so einzurichten, dass dieselben möglichst wenig davon beeinflusst werden. Dieser Art sind z. B. die durch Erdbeben erzeugten Wellen, die so häufig im Stillen Ocean beobachtet worden sind.

Das vollständigste Material, erhält man, wie gesagt, durch selbstregistrirende Fluthmesser, die die Fluthcurve vollständig aufzeichnen. Eine detaillirte Instruction für den Gebrauch dieser Instrumente zu geben, kann nicht in der Absicht dieser Anweisung liegen, um so weniger, als dieselbe sich verschieden gestalten wird für verschiedene Instrumente. Auf das wichtigste, was bei allen Apparaten ohne Unterschied zu beachten ist, haben wir bereits oben aufmerksam gemacht. Die soeben erwähnten (Seiches-artigen) Wellen werden von einem registrirenden Fluthmesser mit aufgezeichnet und stellen sich als

Auszackungen der eigentlichen Fluthcurve dar. Es ist leicht, die letztere mit genügender Genauigkeit zu erhalten, indem man eine Curve durch die Ausbuchtungen hindurch legt, sodass auf beiden Seiten möglichst gleiche Flächen abgeschnitten werden. Aehnlich ist zu verfahren, wenn der Seegang nicht genügend ausgeschlossen sein sollte und die Curven sich als schattirte Bänder darstellen.

Bezüglich des Zeitraums, über welchen sich die Beobachtungen zu erstrecken haben, ist schon mehrfach gesagt worden, dass dieselben um so werthvoller sind, einen je längeren Zeitraum sie umfassen, dass jedoch auch ganz kurze Reihen selbst von nur 14 Tagen die Bearbeitung lohnen. Solche kurze Reihen können natürlich nur die Haupt-Constanten liefern, eine Reihe von 30—40 Tagen giebt schon genügendes Material (stündliche Beobachtungen vorausgesetzt), um auch schon die wichtigsten der kleineren Tiden zu erhalten und die Beobachtungen eines Jahres geben die Möglichkeit, soweit zu gehen in der Ableitung der Constanten, wie man will. Da aber die Constanten mit der Lage der Knoten der Mondbahn in 19 Jahren veränderlich sind, so ist eine vollständige Reihe von Beobachtungen durch 19 Jahre hindurch ausserordentlich wünschenswerth, jedoch nur durch dauernde Aufstellung von Registrirapparaten zu erlangen.

Reduction der Beobachtungen. Der zur Verfügung stehende Raum erlaubt es nicht, hier ausführlich die Regeln zur Reduction von Gezeitenbeobachtungen mitzutheilen, wir müssen uns auf einige kurze Andeutungen beschränken, um wenigstens eine Vorstellung von der Art dieser Rechnungen zu geben. Wenn wir den theoretischen Ausdruck für die Höhe des unter dem Einflusse der Gezeiten stehenden Wasserstandes entwickeln, sei es nach der Gleichgewichtstheorie, oder nach der hydrodynamischen Theorie Laplace's oder nach Airy's Wellentheorie so gelangen wir unter Einführung von gewissen Erfahrungsconstanten zu folgendem Ausdruck, welcher die Höhe des Wasserniveaus über dem mittleren giebt:

$$(1)\quad H = \frac{M_0}{r^3}\left(\tfrac{3}{2}\cos\delta^2 - 1\right) + \frac{S_0}{r_1^{\,3}}\left(\tfrac{3}{2}\cos\delta_1{}^2 - 1\right)$$
$$+ \frac{M_1}{r^3}\sin 2\,\delta\cos\left(\theta - \lambda\right) + \frac{S_1}{r_1^{\,3}}\sin 2\,\delta_1\cos\left(\theta_1 - \lambda_1\right)$$
$$+ \frac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\cos 2\left(\theta - \mu\right) + \frac{S_2}{r_1^{\,3}}\cos\delta_1{}^2\cos 2\left(\theta - \mu_1\right)$$

Hierin bedeuten M_0, M_1, M_2, S_0, S_1, S_2 constante Grössen, welche resp. der Masse des Mondes und der Sonne proportional sind, ebenso sind λ, λ_1, μ, μ_1 constante Winkelgrössen, die von der Lage des Beobachtungsortes abhängen. Ferner bebezeichnen r, r_1 die Entfernungen von Mond und Sonne von der Erde, δ, δ_1 die Declination dieser beiden Gestirne und θ und θ_1 ihren Stundenwinkel im Augenblicke der Beobachtung.

Die beiden ersten Glieder ändern sich langsam mit der Declination und der Entfernung (oder der Parallaxe) des Mondes und der Sonne, sie stellen daher keine eigentliche Tide dar, sondern eine langsame Aenderung des mittleren Wasserstandes, die sich in einem halben resp. ganzen Monat bezw. Jahr vollzieht. Die beiden folgenden Glieder stellen eine Gezeit dar, welche alle ihre Phasen innerhalb eines ganzen Tages durchläuft (daher eintägige Tide genannt), während die beiden Glieder der letzten Zeile eine Gezeit repräsentiren, welche ihre Phasen in einem halben Tage durchläuft (daher halbtägige Tide). Der obige Ausdruck ergiebt, dass alle Glieder veränderlich sind, weil sie mit veränderlichen Factoren, Functionen der Distanzen und der Declinationen, multiplicirt sind.

Die Aufgabe der Reduction von Gezeitenbeobachtungen ist nun die, die Constanten zu ermitteln und sind hierzu verschiedene Methoden ersonnen worden, von denen wir hier nur zwei erwähnen wollen, deren Anwendung sich nach dem gegebenen Beobachtungsmaterial richtet. Die ältere (besonders von Lubbock und Whewell ausgebildet) ist den früher allein vorhandenen Beobachtungen von Zeit und Höhe, von Hoch- und Niedrigwasser angepasst. Beschränkt man sich zunächst auf die halbtägigen Tiden, weil die eintägigen meist hinreichend klein sind, um nur als Correctionsgrössen der ersteren behandelt zu werden, so lassen sich die beiden Glieder, durch welche dieselben ausgedrückt werden in ein einziges zusammenfassen, nämlich:

$$(2)\quad \frac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\cos 2\left(\theta-\mu\right)+\frac{S_2}{r_1{}^3}\cos\delta_1{}^2\cos 2\left(\theta_1-\mu_1\right)$$

$$= H\cos 2\left(\theta-\mu-\varphi\right)$$

worin:

$$(3)\begin{cases} tg\, 2\, \varphi = \dfrac{-\dfrac{S_2}{r_1^{\,3}} \cos \delta_1^{\,2} \sin 2\,(\Theta_1 - \Theta - \mu_1 + \mu)}{\dfrac{M_2}{r^3} \cos \delta^2 + \dfrac{S_2}{r_1^{\,3}} \cos \delta_1^{\,2} \cos 2\,(\Theta_1 - \Theta - \mu_1 + \mu)} \\ H = \sqrt{\left(\dfrac{M_2}{r^3} \cos \delta^2\right)^2 + \left(\dfrac{S_2}{r_1^{\,3}} \cos \delta_1^{\,2}\right)^2 + 2 \dfrac{M_2}{r^3} \cos \delta_1^{\,2} . \dfrac{S_2}{r_1^{\,3}} \cos \delta_1^{\,2} \cos 2 (\Theta_1 - \Theta - \mu_1 + \mu} \end{cases}$$

Die Grösse $\Theta_1 - \Theta$, der Unterschied der Stundenwinkel von Sonne und Mond ist gleich dem Unterschiede ihrer Retascensionen und dieser wiederum, in Zeit ausgedrückt, ist im Augenblicke der Culmination des Mondes der wahren Sonnenzeit T dieser Culmination gleich, wir können daher alles auf die Culminationszeit des Mondes beziehen, was deshalb bequem, ist weil diese Grösse in allen nautischen Jahrbüchern und auch in den „Gezeitentafeln“ gegeben wird. Da $\Theta_1 - \Theta$ in einem halben Monate von 0^0 bis 180^0 wächst, so ergiebt sich aus (3), dass sowohl φ als auch H in einem halben Monat zu ihrem Anfangswerth zurückkehren, deshalb stellt φ die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und die Abweichung des Werthes von H von dem Mittelwerth H_0 die halbmonatliche Ungleichheit in Höhe, oder $\triangle H$, dar.

Es ist Hochwasser, wenn (2) sein Maximum erreicht, was der Fall ist, wenn:

$$\Theta - \mu - \varphi = O \text{ oder } \Theta = \mu + \varphi$$

ist. Es ist nun $\Theta_1 - \Theta = T$, also $\Theta = \Theta_1 - T$ und da Θ_1 = wahre Sonnenzeit ist, so erhalten wir die wahre Zeit des Hochwassers

$$(4) \quad \Theta_1 = T + \mu + \varphi$$

woraus sich die mittlere Zeit durch Hinzufügung der Zeitgleichung findet. Die Höhe des Hochwassers über dem mittleren Niveau ist:

$$(5) \quad H = H_0 + \triangle H$$

und wenn A_0 die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels bedeutet, so ist die Pegelablesung, h, der Hochwasserhöhe, welche beobachtet wird:

$$(5a) \quad h = A_0 + H_0 + \triangle H$$

Man ersieht aus (3), dass φ und H resp. $\triangle H$ mit der Declination und der Parallaxe der Gestirne veränderlich sind. Da diese Veränderlichkeit jedoch nicht sehr erheblich ist, so kann man sie in Gestalt von Correctionen an einen Mittelwerth darstellen und hat demnach zu obigen Werthen von Θ_1 und h

noch diese kleinen Correctionen hinzuzufügen, um die richtige Zeit und Höhe des Hochwassers zu erhalten. Für Niedrigwasser gelten ganz analoge Ausdrücke.

Die Methode nun, aus den beobachteten Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser, die Constanten μ sowie φ, $\triangle H$ und die Correctionen wegen Declination und Parallaxe der Gestirne zu ermitteln, ergiebt sich aus (4), (5a) und (3) einfach.

Man bildet zunächst, (4), für alle beobachteten Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser die Differenz $\Theta_1 - T$ oder die Differenz zwischen der wahren Zeit der Beobachtung und der wahren Zeit der nächst vorhergehenden Mond-Culmination, d. h. die Mondfluthintervalle. Das Mittel aus allen Mondfluthintervallen, welche sich über eine volle Anzahl von halben Mond-Monaten erstrecken, ist $= \mu$ dem mittleren Mondfluthintervall, weil die positiven und negativen Werthe von φ sich in jedem halben Monat, mindestens sehr nahe, gegenseitig aufheben. Das so gefundene mittlere Mondfluthintervall wird um so näher dem wahren Werthe entsprechen, je länger der Zeitraum ist, den die Beobachtungen umfassen. Das mittlere Mondfluthintervall, welches wir so erhalten haben, ist aber noch mit den Abweichungen der Mittelwerthe der kleinen Correctionen für Declination und Parallaxe der Gestirne von denjenigen, welche für die mittlere Declination und Parallaxe gelten, behaftet und sind daher dem entsprechende kleine Correctionen an das gefundene μ anzubringen.

In gleicher Weise wird das Mittel aus allen beobachteten Höhen genommen und erhalten wir für Hochwasser als Resultat die Grösse $A_0 + H_0$ und für Niedrigwasser $A_0 - H_0$, das Mittel aus beiden ergiebt also die Pegelhöhe des Mittelwassers A_0. Auch hier gilt das eben Gesagte bezüglich der Reduction auf die mittlere Declination und Parallaxe.

Um die halbmonatliche Ungleichheit zu erhalten, gruppirt man die Mondfluthintervalle und Höhen in der Weise, dass man alle Mondfluthintervalle und Höhen, welche den Mond-Culminationszeiten entsprechen, die eine viertel Stunde vor bis eine viertel Stunde nach jeder halben Stunde von $0^h\ 0^m$ bis $11^h\ 30^m$ fallen, zu einem Mittelwerth zusammenfasst. Man erhält also 24 Mittelwerthe, die successive den Mond-Culminationszeiten, $(\Theta_1 - \Theta)$: $0^h\ 0^m$, $0^h\ 30^m$, $1^h\ 0^m$ u. s. w. angehören. Dann giebt die Abweichung dieser Mittelwerthe von dem mitt-

leren Mondfluthintervall und der mittleren Höhe die mittlere halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe. Hat man nur wenige Beobachtungen zur Verfügung, so wird man die Zusammenfassung anstatt für die halben Stunden für jede Stunde der Mond-Culmination machen.

Die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit ist $=0$ und in Höhe ein Maximum, wenn $\theta_1 - \theta - \mu_1 + \mu = 0$ ist; $\theta_1 - \theta$ ist $=0$ bei Neumond und $= 180^0$ bei Vollmond, die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit verschwindet also nicht und es ist nicht Springzeit bei diesen Phasen, sondern eine gewisse Zeit später, welche gefunden wird, wenn wir $\mu_1 - \mu$ durch die Bewegung des Mondes in die Zeiteinheit dividiren. Man nennt diese Verspätung das Alter der Gezeit.

Um die kleinen Correctionen für Declination und Parallaxe der Gestirne zu finden, wird man am besten thun, zunächst mit der soeben gefundenen mittleren halbmonatlichen Ungleichheit die sämmtlichen beobachteten Mondfluthintervalle und Höhen zu verbessern, d. h. sie auf das mittlere Mondfluthintervall und die mittlere Höhe bei Hoch- und Niedrigwasser zu reduciren und sie dann nach folgenden Gesichtspunkten zu gruppiren. Behufs Ableitung z. B. der Declinations-Correction werden alle verbesserten Mondfluthintervalle und Höhen in Gruppen, welche den Declinationen 0^0 bis 6^0, 6^0 bis 12^0, 12^0 bis 18^0, 18^0 bis 24^0 und über 24^0 (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen) entsprechen und innerhalb jeder Gruppe in Untergruppen, die den verschiedenen Stunden der Mond-Culmination entsprechen in Mittelwerthe zusammengefasst, dann giebt die Abweichung dieser Mittelwerthe von dem mittleren Mondfluthintervall resp. der mittleren Höhe die, der mittleren Declination jeder Gruppe und der betreffenden Stunde der Mond-Culmination entsprechende, Declinations-Correction in Zeit und Höhe. Ganz analog ist das Verfahren für die Parallaxen-Correction. Hierbei ist zu beachten, dass man die beobachten Mondfluthintervalle und Höhen mit denjenigen Declinationen, Parallaxen und Mond-Culminationen zu combiniren hat, welche um das Alter der Gezeit früher als die Beobachtung stattgefunden haben. Da die Parallaxen-Correction meistens die grössere ist, so wird man diese am besten zuerst ableiten, dann die Beobachtungen wegen derselben verbessern und hierauf die Declinations-Correction ermitteln.

Bis jetzt haben wir vorausgesetzt, dass die tägliche Tide

so klein sei, dass sie vernachlässigt werden könne. Dies ist vielfach auch der Fall und wo sie sich bemerklich macht, wird meistens das im Nachfolgenden skizzirte Verfahren ausreichen, um die dieserhalb nothwendigen Correctionen, die unter dem Namen „tägliche Ungleichheit" bekannt sind, zu ermitteln. Man bildet, nachdem man die beobachteten Mondfluthintervalle und Höhen wegen der halbmonatlichen Ungleichheit und der kleinen Correctionen verbessert hat, die Differenz zwischen dem Mondfluthintervall (und Höhe), welches dem Vormittags-Hochwasser und demjenigen, welches dem Nachmittags-Hochwasser entspricht und ebenso die Differenz zwischen den dem letzteren und den dem folgenden Vormittags-Hochwasser entsprechenden Grössen und giebt der letzteren Differenz das entgegengesetzte Vorzeichen. Aus diesen Differenzen werden alsdann Gruppen gebildet, welche den Declinationen -3^0 bis $+3^0$, $\underline{+}\ 3^0$, bis $\underline{+}\ 6^0$, $\underline{+}\ 6^0$ bis $\underline{+}\ 9^0$ u. s. w. (nördliche und südliche Declinationen getrennt) entsprechen und in jeder Gruppe die Mittel gebildet. Diese geben dann die doppelte tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe für das Mittel der betreffenden Declinationen. Das Alter der Gezeit für die tägliche Tidewelle ist in der Regel erheblich grösser als für die halbtägige Welle (beträgt es für die letztere $2\frac{1}{2}$ Tage, so kann es für die erste auf 6—7 Tage steigen); wir haben daher bei der Bildung der Gruppen die Differenzen der Mondfluthintervalle und Höhen mit den Declinationen zu combiniren, welche um das Alter der Gezeit früher stattgefunden haben. Das Alter der Gezeit findet man mit genügender Annäherung dadurch, dass man an einer Reihe von Fällen constatirt, wie lange Zeit später als die Declination 0^0 die Differenz der Mondfluthintervalle und Höhen $= 0$ wird. Für Niedrigwasser wird ebenso verfahren.

Hiermit haben wir die wichtigsten Grössen gefunden. Das Mondfluthintervall für die Culminationszeit $0^h\ 0^m$ ist die Hafenzeit, der Unterschied der mittleren Mondfluthintervalle für Hoch- und Niedrigwasser giebt die mittlere Dauer des Steigens oder Fallens des Wassers, je nachdem das Intervall für Niedrigwasser kleiner oder grösser ist als das für Hochwasser. Aus der Spring- und Nippfluthhöhe von Hoch- und Niedrigwasser ergeben sich M_2 und S_2, denn es ist die Pegelhöhe:

bei Springfluth - Hochwasser $= A_0 + M_2 + S_2 = H_1$

„ „ - Niedrigwasser $= A_0 - M_2 - S_2 = h_1$

bei Nippfluth - Hochwasser $= A_0 + M_2 - S_2 = H_2$
„ „ - Niedrigwasser $= A_0 - M_2 + S_2 = h_2$
daher:

$$M_2 = \tfrac{1}{4}(H_1 - h_1 + H_2 - h_2)$$
$$S_2 = \tfrac{1}{4}(H_1 - h_1 - H_2 + h_2)$$

und

$$A_0 = \tfrac{1}{4}(H_1 + h_1 + H_2 + h_2)$$

die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels.

Wir haben diese Methode etwas ausführlicher dargestellt, weil sie sich leicht schon während der Reise und mit den zur Hand befindlichen Hülfsmitteln (nautisches Jahrbuch oder „Gezeitentafeln") ausführen lässt und es immer wünschenswerth ist, die Haupt-Constanten für einen Hafen sobald wie möglich zu ermitteln.

Die zweite Methode, die der harmonischen Analyse (zuerst von Sir Wm. Thomson und Roberts aufgestellt und angewendet später von G. H. Darwin, J. C. Adams sowie dem Verf. d. bearbeitet), erfordert anderes Material, nämlich stündliche Beobachtungen und bedarf zu ihrer Anwendung einer eingehenderen Auseinandersetzung, als wir hier in dem uns zur Verfügung stehenden Raume geben können. Wir müssen uns daher damit begnügen, das Princip der Methode anzudeuten und verweisen bezüglich genaueren Studiums auf eine Schrift des Verf. dieses: „Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen" (Berlin, Mittler 1885), worin dieselbe theoretisch entwickelt und Anweisung zu ihrer praktischen Ausführung gegeben ist. Die Regeln der Anwendung auf kurze Reihen von stündlichen Beobachtungen sind entwickelt in: „Die Ergebnisse der Beobachtungen der deutschen Polarstationen" Bd. II. Süd-Georgien. Einleitung S. XXXIII.*)

Gehen wir wieder auf den Ausdruck (1) für die Höhe der Gezeit über mittlerem Wasserstande zurück, so ist es die Aufgabe, die veränderlichen Grössen resp. ihre Functionen, nämlich die Entfernungen r und r_1, die Declinationen δ und δ_1 und die Stundenwinkel Θ und Θ_1, welche die Rectascensionen der Gestirne enthalten, auf eine andere, der Rechnung leichter und vollständiger zugängliche Form zu bringen. Es ist nun bekannt, dass man jede einzelne dieser Grössen bezw. ihre in dem Ausdrucke (1) vorkommenden Functionen in Reihen entwickeln kann, welche nur Glieder enthalten, die aus constanten

*) Herausgegeben von Prof. Dr. Neumayer und Prof. Dr. Börgen.

Factoren, multiplicirt mit dem cosinus von Winkeln, die gleichmässig mit der Zeit wachsen, bestehen. Wir können daher auch die Höhe der Tide in eine Reihe entwickeln, die nur solche „einfach harmonische“ Glieder enthält. Wir wollen in nachstehendem Ausdruck die wichtigsten dieser Glieder anführen. Bezeichnen wir mit γ die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, mit σ die mittlere Bewegung des Mondes in seiner Bahn, mit η diejenige der Erde, mit π die Bewegung des Perigäums der Mondbahn in der Zeiteinheit (eine mittlere Stunde) und mit t die seit Mittag des Anfangstages verflossene Zeit; ferner mit s_0, h_0, p_0 und p_1 resp. die mittlere Länge des Mondes in seiner Bahn, der Sonne, des Perigäums der Mondbahn und des Perihels der Erdbahn für die Anfangsepoche; mit ν_0 die Rectascension des Durchschnittspunkts der Mondbahn mit dem Aequator, mit ξ den Unterschied der Bogenstücke zwischen dem Frühlingspunkt und dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn in der Ekliptik einerseits und diesem letzteren Punkt und dem Durchschnittspunkt der Mondbahn mit dem Aequator andererseits. mit ν' und ν'' gewisse Functionen von ν_0 und mit μ, ζ $\varkappa_2$, ν u. s. w. constante Winkel, welche die Verspätung der betreffenden Tiden darstellen, so wird:

$$
\begin{aligned}
h = \; & M \cos 2 \{h_0 - s_0 - \nu_0 + \xi + (\gamma - \sigma) t - \mu\} \\
& + S \cos 2 \{ (\gamma - \eta) t - \zeta\} \\
& + K_2 \cos 2 \{h_0 - \nu'' + \gamma t - \varkappa_2 \} \\
& + N \cos 2 \{h_0 - \tfrac{3}{2} s_0 + \tfrac{1}{2} p_0 - \nu_0 + \xi + (\gamma - \tfrac{3}{2} \sigma + \tfrac{1}{2} \pi) t - \nu\} \\
& + T \cos 2 \{- h_0 + p_1 + (\gamma - \tfrac{3}{2} \eta) t - \tau\} \\
& + K_1 \cos \{h_0 - \nu' - \tfrac{1}{2} \pi + \gamma t - \varkappa_1\} \\
& + O \cos \{h_0 - 2 s_0 - \nu_0 + 2 \xi + \tfrac{1}{2} \pi + (\gamma - 2 \sigma) t - o\} \\
& + P \cos \{- h_0 + \tfrac{1}{2} \pi + (\gamma - 2 \eta) t - \psi\}
\end{aligned}
$$

Man hat die Vorstellung angenommen, dass jedes Glied seine Entstehung einer besonderen flutherzeugenden Kraft verdanke und daher als besondere Tide zu betrachten sei, aus deren Zusammensetzung dann die wirklich beobachtete Fluthwelle entstehe und man hat der Bequemlichkeit der Bezeichnung halber die einzelnen Tiden mit einem Buchstaben bezeichnet; die in der vorstehenden Formel vorkommenden Tiden haben der Reihe nach die Buchstaben, welche darin als Coefficienten der cos. auftreten und die wir eben deshalb zur Bezeichnung der halben

Amplituden der betreffenden Tiden gewählt haben. *M* und *S* sind die Haupt-Mond und Sonnentiden, K_2 die aus den Declinationen von Mond und Sonne entstehende kleine Tide, *N* die wichtigste der aus der wechselnden Entfernung des Mondes, *T* die aus der Entfernungsänderung der Sonne entspringende Tide. Dies sind die wichtigsten halbtägigen Tiden während K_1 und *O* die wichtigsten eintägigen Mondtiden, *P* die wichtigste eintägige Sonnentide ist. Bei einer vollständigen Entwickelung würden ausser diesen 8 noch etwa 16 andere mitzunehmen sein, wobei auch die wichtigsten Störungen des Mondlaufs, die Evection und die Variation, berücksichtigt werden. Wenn die Gezeit gross ist im Verhältniss zur Tiefe des Wassers. so treten in Verbindung mit den Tiden *M* und *S* kleinere Tiden, die sogenannten „Nebentiden", auf, die das 2-, 3- und 4fache Argument der oben angeführten Haupttiden, aber andere Verspätungen haben.

Die Ableitung der Constanten *M* und μ, *S* und ζ u. s. w. geschieht in folgender Weise. In ein Schema, welches aus einer Reihe von 24 verticalen Columnen, von denen jede einer Tidestunde, d. h. $\frac{1}{24}$ des Zeitintervalls von einem Hochwasser der gesuchten Tide bis zum nächsten, entspricht und einer Anzahl horizontaler Zeilen besteht, werden die beobachteten Wasserstände von Mittag des ersten Tages angefangen successive eingetragen, dabei aber in gewissen Intervallen, die in dem Schema vorher markirt sind, zwei aufeinanderfolgend beobachtete Wasserstände in dieselbe Stundenrubrik eingetragen oder auch, je nach der gesuchten Tide, eine Stundenrubrik übersprungen. Ob ein Doppeleintrag oder eine Auslassung gemacht werden soll, richtet sich darnach, ob die stündliche Aenderung des Arguments der Tide kleiner oder grösser ist als 15°. Nachdem alle beobachteten Wasserstände eingetragen sind, werden für die 24 Vertikal-Columnen die Mittelwerthe berechnet und diese stellen um so genauer die gesuchte Tide dar, je länger der Zeitraum der Beobachtung war.

Die Absicht bei den Doppeleintragungen oder Auslassungen in einzelnen Rubriken ist nämlich die, auf bequeme Weise in den Mittelwerthen jeder Verticalspalte die Wirkung der andern Tiden auszuschliessen und nur die Tide zurückzubehalten, welche man bestimmen will. Wird z. B. die Tide *M* gesucht, so hat man in der ersten Zeile in Spalte 14^h eine Doppelein-

tragung zu machen, in der zweiten Zeile in Spalte 18^h, in der dritten in 23^h, in der vierten Zeile findet keine Doppeleintragung statt, in der fünften Zeile ist eine solche in Spalte 3^h, in der sechsten in 7^h zu machen u. s. w. Wird die S-Tide gesucht, so sind überhaupt keine Doppeleintragungen oder Auslassungen zu machen. Für die N-Tide fällt die erste Doppeleintragung in die erste Zeile Spalte 9^h, die nächsten beiden in Zeile 2 Spalte 3^h und 21^h u. s. f., für jede Tide besonders; bei den K-Tiden kommen Auslassungen vor.

Hat man auf diese Weise die 24 Mittelwerthe erhalten, so stellt man die Haupttide nebst den zu ihr gehörigen Nebentiden und den aus der vierten Potenz der Entfernung des Mondes entspringenden dritteltägigen Tiden dar durch eine Reihe von der Form:

$$
\begin{aligned}
R_1 \cos(nt-\zeta_1)+R_2 \cos 2(nt-\zeta_2)+R_3 \cos 3(nt-\zeta_3)+R_4 \cos 4(nt-\zeta_4)+\ldots \\
= A_1 \cos nt + B_1 \sin nt \\
+ A_2 \cos 2\,nt + B_2 \sin 2\,nt \\
+ A_3 \cos 3\,nt + B_3 \sin 3\,nt \\
+ A_4 \cos 4\,nt + B_4 \sin 4\,nt \quad \text{u. s. w.}
\end{aligned}
$$

wo $n=15^0$ ist. Die Bestimmung der Coefficienten A und B ist eine einfache Sache und es ergeben sich daraus einfach die R und ζ und aus diesen wiederum die auf eine mittlere Lage der Mondbahn reducirten Coefficienten H und die Verspätungen der Tiden. Man wird nur für die Tiden M und S, ausser dem Hauptgliede R_2 die Glieder R_1, R_3, R_4, R_6 und R_8 ableiten, da nur für diese die Nebentiden bedeutend genug sind, um berücksichtigt werden zu müssen.

Bezüglich weiterer Einzelheiten muss auf die schon erwähnte Abhandlung verwiesen werden, in welcher man ausführliche Vorschriften sowohl für die Berechnung der Coefficienten als auch für die Bestimmung der Rubriken, in denen Doppeleintragungen oder Auslassungen gemacht werden sollen findet.

Ist die Reihe der Beobachtungen nur eine kurze, so trifft die Voraussetzung dass in den 24 Mittelwerthen alle Tiden mit Ausnahme der gesuchten eliminirt sind, nicht zu, es bleibt vielmehr ein kleiner Einfluss der andern übrig, welcher durch Rechnung nachträglich entfernt werden muss. Vorschriften hierfür finden sich in dem Nachtrag zu der erwähnten Schrift und in weiterer Ausführung in der Einleitung zum Band II. des S. 464 erwähnten Polarwerks bei der Bearbeitung der Gezeiten in Kingua-Fjord und Süd-Georgien.

Litteratur.

Laplace, P. S., Traitè de mécanique céleste. Tome II livre 4, Tome 5 livre 13.
— Exposition du système du monde. Chap. XI.
Lubbock, J. W., Elementary treatise on the tides. London 1839.
Airy, G. B., Tides and waves. Encyclopaedia metropolitana.
Ferrel, W., Tidal researches. Washington 1874.
Reports of the committee for the purpose of promoting the extension, improvement and harmonic analyis of tidal observations in: Report of the British association 1868, 1870, 1871, 1872, 1876, und 1878.
Lentz, H. Von der Fluth und Ebbe des Meeres. 1873.
— Ebbe und Fluth und die Wirkung des Windes auf den Meeresspiegel. 1879.
Reitz, F. H., Wasserstandszeiger.
Reports of the committe for the harmonic analysis of tidal observations in: Reports of the British association 1883, 1884, 1885, 1886.
Hiervon besonders: Report für 1883, welcher die vollständige Theorie der harmonischen Analyse von G. H. Darwin enthält.
Börgen. Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen. 1885. (Separatabdruck aus den „Annalen der Hydrographie" für 1884.)
— Gezeitenbeobachtungen zu Kingua-Fjord und Süd-Georgien in: Die internationale Polarforschung 1882—1883. Beobachtungsergebnisse der Deutschen Stationen. Bd. II. Einl. Enthält die Vorschriften für die Behandlung kurzer Beobachtungsreihen.

Beurtheilung des Fahrwassers in ungeregelten Flüssen.

Von

Dr. J. R. Ritter von Lorenz-Liburnau.

Vorbemerkungen.

Der Reisende in unbekannten oder noch wenig erforschten Gegenden ist nicht selten veranlasst, Flüsse zu befahren, in denen es keinerlei Bezeichnung des Fahrwassers, keine verlässlichen oder auch nur unbedenklichen Lootsen giebt, und wo nur die Kenntniss der Naturgesetze, nach denen die Bewegungen und Veränderungen in Flussbetten vor sich gehen, zur möglichst richtigen Beurtheilung des Fahrwassers führen kann.

Ausserdem bieten derlei Flüsse nicht selten lehrreiche Beispiele für praktisch wichtige Sätze oder Regeln der Hydrologie, welche der Reisende nicht versäumen soll, zu notiren und bekannt zu geben.*) Mit Rücksicht auf diese Zwecke sind die nachstehenden Anweisungen verfasst.

Wir betrachten hier die Flüsse als Fahrbahnen von oft sehr veränderlicher Beschaffenheit. Durch diese letztere kommt in die Flussschifffahrt ein eigenthümliches Element, welches der Seeschifffahrt fremd ist und ein eigenes Studium und eine besondere Praxis nöthig macht.

Die Anforderungen an das Fahrwasser richten sich selbstverständlich nach den Dimensionen des Fahrzeuges, insbesondere nach dem Tiefgange und der Breite desselben, sowie nach dem Mechanismus, welcher das Fahrzeug treibt und steuert, endlich

---

*) Vergl. hierüber: „Wald, Klima und Wasser", München 1878, bei Oldenbourg; dazu: „Die Geologie von Grund und Boden", 1883 (Wien und Berlin, jetzt Parey) — beide vom Verfasser des Gegenwärtigen.

auch nach der Richtung der Fahrt (ob stromabwärts oder stromaufwärts).

Propeller und schnell wendende Boote können bei sonst gleichen Dimensionen sich mit einem schmäleren Fahrwasser begnügen als Raddampfer, grosse Ruderboote und schwerfällig zu steuernde Fahrzeuge.

Bei der Thalfahrt sucht man die stärkste Strömung auf, selbst wenn diese in Curven verläuft, weil dadurch die Fahrt am raschesten gefördert wird, — bei der Bergfahrt hingegen trachtet man die stärkste Strömung zu vermeiden und Curven abzuschneiden, weil dabei an Kraft und Weg gespart wird. „Fahrwasser“ ist also ein relativer Begriff. Wir wollen hier der Kürze halber direct nur das Fahrwasser für den stromabwärts fahrenden Schiffer betrachten, wobei sich dem verständigen Leser von selbst auch Folgerungen für die Bergfahrt ergeben dürften. Auch setzen wir hier nur unregulirte, sich selbst überlassene Flüsse voraus, sprechen daher gar nicht von jenen Fällen, die sich auf Strombauten beziehen. —

Zur Beurtheilung des Fahrwassers in Flüssen kommen folgende Punkte in Betracht:

Die Tiefe, die Breite, die Geschwindigkeit der Strömung und die Richtung dieser letzteren.

All' dies hängt einerseits von der wechselnden Menge des vorhandenen Wassers, andererseits von der oft gleichfalls veränderlichen Gestalt des Bettes ab und die ersterwähnten vier Bestimmungsstücke erleiden überdies Veränderungen durch das Abtragen (Erosion) der Ufer, sowie durch die Ablagerung von Sinkstoffen. Die hier bezeichneten Bestimmungsstücke wirken aber nicht jedes für sich abgesondert, sondern beeinflussen fortwährend eines das andere, wie denn z. B. das Wasser wesentliche Veränderungen an den Böschungen und im Grunde des Bettes hervorbringt, und von den Unebenheiten des Bettes hinwiederum die Tiefe und Geschwindigkeit des Wassers beeinflusst werden. Diese verschiedenen Factoren sollen nun möglichst in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden.

Ursprung des Flusswassers.

Da vom jeweiligen Wasserstande sehr wesentlich das Fahrwasser abhängt und nach dem ersteren das letztere auf

einer und derselben Strecke gut oder schlecht sein kann, muss vor Allem hier über Herkunft der wechselnden Wassermengen gesprochen werden. Das Wasser der Flüsse stammt theils unmittelbar, theils mittelbar aus den atmosphärischen Niederschlägen und zwar unmittelbar durch den oberirdischen Abfluss der Regen- und Schmelzwässer, mittelbar durch den Ausfluss unterirdisch angesammelter Wässer oder Quellen.

Der oberirdische Abfluss erfolgt zunächst dort, wo der Regen auffällt oder der Schnee schmilzt, über geneigte Flächen oder Gehänge entweder ohne bestimmte seitlich begrenzte Bahnen (durch „Abtraufe" oder „Riesel") oder er findet kleinste, kleine und grössere Rinnen oder Runsen vor, die meist das Wasser selbst sich allmählich gebildet hat, „Rinnsale" der verschiedensten Ordnungen.

Sehr häufig sammelt sich das anfangs bloss abtraufende oder rieselnde Wasser später in Rinnsalen, deren je mehrere sich zu einem grösseren vereinigen. Es entstehen und vergrössern sich dadurch Bächlein, Bäche und Flüsse, die man unter dem gemeinsamen Namen der „offenen Gerinne" zusammenfasst.

Im Gegensatze dazu unterscheidet man „bedeckte" oder „unterirdische" Gerinne, deren Ausflüsse die Quellen sind. Wie Quellen entstehen und welche Hauptarten von Quellen vorkommen, soll hier nicht näher auseinandergesetzt werden; es genügt hier daran zu erinnern,

a) dass auch die Quellen nur von Niederschlägen herrühren, die sich unter der Erdoberfläche angesammelt haben und nach kürzerem oder längerem Aufenthalte an den Tag heraustreten; dann

b) dass nach der Art jener Ansammlung stetige, (perennirende) und aussetzende (intermittirende) Quellen unterschieden werden müssen; endlich

c) dass auch die stetigen Quellen gewissen Schwankungen ihres Wasserreichthums unterliegen, welche von den Schwankungen der Niederschlagsmengen, sowie von der Natur der unterirdischen Reservoirs abhängen. Je mehr die Ausflüsse stetiger Quellen an der Wasserlieferung für ein offenes Gerinne — Bach oder Fluss — Antheil haben, desto beständiger ist die Wassermenge der letzteren; je mehr hingegen ein Gewässer auf die Zuflüsse aus den jeweiligen Niederschlägen angewiesen ist, desto schwankender pflegt seine Wassermenge zu sein,

indem diese nach reichlichen Niederschlägen stark anwächst, bei Trockenheit aber sehr bedeutend abnimmt oder auch ganz verschwindet. Das Extrem in dieser Beziehung sind die Torrenten, offene Gerinne ohne stetige Quellzuflüsse und mit steilem Gefälle, infolge dessen das Wasser der Niederschläge sehr rasch wieder abfliesst und ein trockenes Bett zurücklässt.

Uebergänge und Mittelformen zwischen diesen beiden Haupttypen sind zahlreich, und mancher Fluss, der als Quellader beginnt, erhält weiterhin fast nur Regenzuflüsse, während es andererseits Flüsse giebt, die als Giessbäche beginnen und weiterhin sehr bedeutende Quellenzuflüsse erhalten.

Die meisten grösseren und schiffbaren Flüsse haben Zuflüsse aller Arten, sowohl aus Quellen wie aus offenen Gerinnen von grösserer oder geringerer Stetigkeit — und dadurch wird die Raschheit und Grösse der Schwankungen im Wasserstande zufolge gegenseitiger Compensation vermindert. Günstig in dieser Beziehung ist es auch, wenn ein Strom sein Gewässer aus einem sehr weiten Umkreise und aus verschiedenen Richtungen empfängt; denn in diesem Falle liefert bald der eine, bald der andere Zufluss mehr Wasser, wenngleich andere zur selben Zeit wasserarm sind, indem auf einem weiten Gebiete bald da, bald dort mehr Niederschläge auftreten, deren Wasser dann schliesslich immer wieder zum Strom gelangt.

Da der Wasserstand eines Flusses wesentlich von der Niederschlagsmenge sowie von der Art, wie diese fortgeführt wird, abhängt, müssen diese beiden Bedingungen nun noch näher betrachtet werden.

Um zu beurtheilen, wie sich das Fahrwasser zu einer bestimmten Zeit vermöge der grösseren oder geringeren Wassermasse verhalten wird, muss man über die Vertheilung der periodischen und nichtperiodischen Niederschläge nach den Jahreszeiten, insbesondere über die Zeit der grössten Regenmengen sowie der Trockenheit möglichst orientirt sein. Ueber diese Verhältnisse und demnach über die atmosphärische Wasserlieferung zu den Flüssen nach klimatischen Zonen und grösseren orographischen Gebieten geben gute Lehr- und Handbücher der physischen Geographie und der Klimatologie Aufschluss, worunter hier insbesondere auf das „Handbuch der Klimatologie" von Dr. Jul. Hann (Stuttgart, Engelmann, 1883) hingewiesen werden soll.

Achtet man dann auf den Umstand, dass die Niederschläge und Schmelzwässer der oberen Aufnahms- oder Sammelgebiete erst nach einigen Tagen oder selbst Wochen in die untern Flussstrecken gelangen, so wird man wenigstens im Allgemeinen schon ein vorläufiges Urtheil darüber gewinnen, zu welchen Zeiten bei jedem Flusse ein relativ besserer oder schlechterer Wasserstand zu finden sein wird.

Hierbei kommt übrigens noch weiter in Betracht, dass nicht eben alles Niederschlag- und Schmelzwasser in die Flussbetten kommt, sondern ein nicht unbeträchtlicher Theil schon während des Zufliessens verdunstet, ein anderer in den Boden einsickert und im letztern Falle entweder gar nicht, oder auf unterirdischen Umwegen als Quellen in die Flüsse gelangt. Je heisser und trockener die Luft, je durchlässiger der Boden des Zuflussgebietes, desto geringer ist der Antheil an Wasser, welcher zum Flussbett gelangt und dem Fahrwasser zu Gute kommt. Ueber die Ermittelung des Verhältnisses, nach welchem sich in verschiedenen Gegenden die Niederschlagsmengen in den drei angedeuteten Richtungen (Verdunstung, Einsickerung und offener Abfluss) vertheilen, sind zwar schon mannigfache Studien gemacht worden, die Resultate sind jedoch nicht so bestimmt, dass sie in jener Präcision und Kürze wiedergegeben werden könnten, wie es an dieser Stelle bei so beschränktem Raume erforderlich wäre; es kann daher nur im Allgemeinen die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt werden. Jedenfalls muss der Schiffer in fremden Gewässern vor Allem darüber in's Reine kommen, ob er sich eben in einer Zeit hohen, mittleren oder niedrigen Wasserstandes befinde, was man an den Spuren längs der Ufer, sowie an dem mehr oder minder ausgedehnten Hervortreten der Klippen, Kies- oder Sandbänke und an den daselbst vom Wasser selbst hervorgebrachten Marken beurtheilen kann. Auch der Grad des Eingetauchtseins oder Hervorragens der Vegetation an Ufern und bewachsenen Inseln giebt Fingerzeige über den relativen Stand des Wassers.

Ursprung und Bau der Flussbetten.

Nächst der vorhandenen Wassermenge ist für das Fahrwasser die Beschaffenheit des Bettes entscheidend. Ueber den Ursprung der Flussbetten herrscht vielfach die irrige Meinung,

dass sie von den Flüssen selbst gebildet wurden, was jedoch nur im beschränkten Sinne gilt.

Ein Gewässer kann sich eine bestimmte Bahn nur dann ausfurchen und weiter ausbilden, wenn es schon in einer bestimmten Rinne durch längere Zeit fliesst; denn ein bald hier, bald dort bahnlos abtriefendes Geriesel hat nicht die Kraft, in seine Unterlage eine bestimmte Bahn einzugraben. Damit also das Wasser überhaupt bahnbildend zu wirken anfangen kann, muss schon vorher eine geeignete Furche vorhanden sein, und diese wird dann allerdings von dem Wasser im Vereine mit seinen Geschieben weiter ausgebildet.

Je nachdem die ursprüngliche Furche entweder im festen anstehenden Gestein eingesenkt oder eingerissen war oder sich in leicht verschiebbarem losem Material wie Schutt, Gerölle, Sand, Thon — befand, unterscheidet man zwei Haupttypen von Betten, welche sich insbesondere in Bezug auf die Veränderlichkeit des Fahrwassers entgegengesetzt verhalten.

Der erste Typus, das feste oder „Felsenbett“, wird von dem Wasser weder an den Ufern noch am Grunde rasch und bedeutend angegriffen und kann sonach annäherungsweise als unveränderlich betrachtet werden.

Die Unebenheiten des Grundes, welche als untergetauchte oder auftauchende Klippen, Felsplatten u. s. w. auftreten, hängen lediglich mit dem geologischen Bau (Geotektonik) der Gegend zusammen, sind meistens schwerer zerstörbare Reste jener Bänke oder Schichten, deren leichter zerstörbare Theile schon während Jahrtausenden weggeführt wurden, und ihre Vertheilung im Flussbette folgt nicht irgend einem solchen Gesetze, welches der Flussfahrer von seinem Standpunkte aus beurtheilen könnte. Hier kann also nur Achtsamkeit auf die bekannten äussern Erscheinungen, durch welche sich schon an der Oberfläche des Wassers das Vorhandensein von Schiffahrtshindernissen verräth, den Schiffer leiten, und wo zahlreiche Klippen und Stromschnellen vorhanden sind, erübrigt oft nichts anderes, als entweder vor dem Versuche einer Durchfahrt womöglich aus einem erhöhten Standpunkte den Verlauf des Wassers zwischen Klippen und Untiefen zu beobachten, oder sich auf die Auskünfte oder Hülfe von Eingeborenen zu verlassen, wofern man Ursache hat, denselben zu trauen.

Der zweite Typus der Flussbetten, nämlich in beweg-

lichem Terrain, ist derjenige. in welchem fortwährende Veränderungen des Fahrwassers vor sich gehen, deren Gesetze man kennen muss und auf welche wir daher hauptsächlich unsere Aufmerksamkeit richten wollen.

Solche Flussbetten verlaufen in Fluthschutt (meistens Jungtertiär oder Diluvial oder auch Recent); dieses Material (Thon, Lehm, Sand, Grus, Kies) wurde in früheren, mehr oder minder entlegenen Zeiten aus dem damals weit mächtigeren oder weiter ausgebreiteten Wasser an ruhigeren Stellen abgesetzt, welche bei dem Zurückweichen des Wassers trocken liegen blieben, und es wurde dann das fliessende Wasser eben nur auf ein verhältnissmässig schmales Gerinne, das heutige Flussbett, beschränkt.

Der Gegensatz von Felsen- und Schuttbetten geht in der Regel pararell mit einer zweiten Gegensätzlichkeit. Die ersteren nämlich verlaufen fast durchweg in Engen, die letztern hingegen in mehr oder minder ausgedehnten Weitungen.

Die meisten Flüsse zeigen in ihrem Laufe eine Abwechslung von Strecken in beiden Typen und strömen abwechselnd durch Flussengen (oft mit Katarakten) und durch weite Becken. In den engen Strecken hat in der Regel das mehr concentrirte Wasser eine verhältnissmässig grössere Tiefe, während in den Weitungen die Gewässer in der weiter unten darzustellenden Weise sich ausbreiten und oft in Arme theilen, so dass das vielfach verzettelte Wasser verhältnissmässig geringere Tiefen zeigt, daher das Fahrwasser oft nur eine sehr beschränkte Breite besitzt, und seine Auffindung um so schwieriger wird.

Bewegung des Wassers im Bette.

Die Bewegung des Wassers im Bette erfolgt mit einer Geschwindigkeit, welche hauptsächlich von dem Gefälle des Bettes abhängt, aber auch durch verschiedene Nebenumstände, von denen noch die Rede sein soll, beeinflusst wird. Ueber die Messungen sowohl der Geschwindigkeit, als der Tiefe, kann hier nicht eingehend gehandelt werden, und es sei nur kurz bemerkt, dass man in Flüssen, besonders in solchen mit starker Strömung, die Tiefe nicht mit dem Loth (Senkblei) messen kann, welches zu sehr von der Strömung abgetrieben wird, sondern dass man sich dazu einer getheilten langen Holzstange

bedient, welche allerdings nicht in sehr grosse, aber doch jedenfalls bis in jene Tiefen reicht, welche für den Schiffer mit Rücksicht auf den Tiefgang seines Fahrzeuges von Belang sind. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Wasser in seinem Bette bewegt, ist, sowohl nach der Quere als nach der Länge betrachtet, eine gesetzmässig verschiedene. Betrachten wir zunächst die Vertheilung der Geschwindigkeit innerhalb eines und desselben Querschnittes, so sind folgende Punkte maassgebend.

Die oberste Wasserschichte hat die Reibung mit der Luft zu überwinden, wodurch ihre Geschwindigkeit vermindert wird, was insbesondere bei heftigerem Gegenwinde im grossen Maasse stattfindet. Aber auch die untersten Wasserschichten werden verlangsamt und zwar durch die Reibung am Grunde, welche um so stärker wirkt, je rauher der Boden ist. Die Wassertheilchen an den Seitenwänden des Bettes sind gleichfalls durch Reibung verlangsamt. Den geringsten Widerstand erfahren also jene Wassertheilchen, welche sich zwischen der Oberfläche und der untersten Wasserschichte befinden und zugleich von den Seitenwänden des Bettes entfernter sind. Da der Widerstand des Grundes im Allgemeinen stärker ist, als jener der Luft, liegt die grösste Geschwindigkeit näher an der Oberfläche als am Grunde und man kann annehmen, dass die Schichte des geringsten Gesammtwiderstandes, also die grösste Wassergeschwindigkeit, etwa bei $^3/_{10}$ der Tiefe (vom Wasserspiegel an gerechnet) liegt.

Die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers zwischen beiden Ufern.

Hierüber lehrt die Erfahrung, dass die grösste Geschwindigkeit im Allgemeinen dort stattfindet, wo die Tiefe am grössten ist, wo also bis auf einen bedeutenden Abstand vom Wasserspiegel hinunter immer nur Wasserschichten auf Wasserschichten gleiten.

Hiervon findet eine Ausnahme nur dann statt, wenn die grösste Tiefe ganz unmittelbar an einem der beiden Ufer gelegen ist, denn in diesem Falle wirkt die Reibung an der Seitenwand verlangsamend und die grösste Geschwindigkeit liegt dann ein wenig seitwärts vom Ufer ab. Aus dem

Gesagten ergiebt sich auch, dass sich im Allgemeinen die Geschwindigkeit der obern Wasserschichten, in denen sich die Schifffahrt bewegt, je nach der Hebung oder Senkung des Grundes verlangsamt oder beschleunigt.

Wir haben nun die Geschwindigkeitsverhältnisse nach der Tiefe und nach der Quere (Breite) des Wasserkörpers, also innerhalb eines und desselben Querprofiles, betrachtet.

Verfolgen wir nun die Wassertheilchen in der Richtung ihres Fliessens stromabwärts in der Richtung des Längenprofiles, so erzeugt sich die Vorstellung von parallelen Wasserfäden, in die man sich die ganze bewegte Masse zerlegt denken kann. Jener Wasserfaden oder Wasserstreifen, welcher die grösste Geschwindigkeit besitzt, heisst der „Stromstrich.“ Man kann beachten, dass der Stromstrich die Eigenschaft besitzt, die benachbarten Wasserfäden gleichsam an sich zu ziehen; diese convergiren also von beiden Seiten gegen den Stromstrich hin, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen schwimmenden Körper ausserhalb des Stromstriches, aber doch nicht sehr entfernt von demselben, in einen Fluss wirft; man sieht da, wie der Schwimmer allmählich dem Stromstriche näher treibt.

Die Lage des Fahrwassers in verschieden gestalteten Betten oder Strecken.

Bewegt sich der Fluss in angreifbarem Material, so nimmt er entweder vom Ufer oder vom Grunde oder auch von beiden ablösbare Theile mit sich (Erosion und Abtrag).

Wenn das Material des Ufers leichter beweglich ist, als jenes am Grunde, wirkt die Erosion mehr nach den Seiten hin als nach der Tiefe, die Veränderungen des Wasserlaufes bestehen also in Abschweifungen nach den Seiten hin. Umgekehrt wenn die Sohle leichter angreifbar ist als die Ufer, wird bei hinreichendem Gefälle mehr eine Austiefung als eine Verbreiterung des Gerinnes erfolgen. Das abgetragene Material (Detritus), welches dem Wasser fortgeführt wird und die „Sinkstoffe“ desselben bildet, wird wieder abgesetzt an jenen Stellen, an denen aus irgend einer Ursache die Geschwindigkeit des Wassers sich vermindert; dabei fallen selbstverständlich die schwereren und gröberen Materialien schon

bei der geringsten Geschwindigkeit zu Boden, während die feinsten Theilchen des Detritus am weitesten fortgetrieben und erst an Stellen abgelagert werden, wo die Geschwindigkeit schon nahezu ganz aufgehoben ist.

Es findet also eine fortwährende Sortirung der Sinkstoffe im fliessenden Wasser durch die wechselnde Geschwindigkeit des letzteren statt. Die dabei erfolgenden Ablagerungen sind es, aus welchen die verschiedenen Anlandungen längs der Ufer, sowie die Kies-, Sand- und Schlammbänke bestehen. Da nun das Fahrwasser hinsichtlich seiner Tiefe, Breite und Richtung einerseits von der Geschwindigkeit der Strömung, andererseits von der Lage und Ausdehnung der Bänke wesentlich abhängt, ist es wohl am lehrreichsten, die Umstände, unter denen sich die Geschwindigkeit innerhalb eines Flussbettes ändert, zugleich mit den daraus hervorgehenden Ablagerungsverhältnissen zu betrachten, und ebenso jene Rückwirkung zu erwägen, welche die Ablagerungen wieder auf den Stromstrich ausüben.

A. Bei Strecken mit geradem Laufe und pararellen Ufern.

a) bei gleichbleibendem Gefälle.

1. Im festen oder Felsenbette.

Hier hängt die Vertheilung der Tiefe und die Geschwindigkeiten, folglich der Verlauf des Fahrwassers ganz und gar von geotektonischen Verhältnissen ab, und es kann von hydrologischen Regeln darüber nicht die Rede sein. Nur soviel lässt sich im Allgemeinen sagen, dass, wenn das Gewässer Sinkstoffe in grösserer Menge mit sich führt, dieselben in

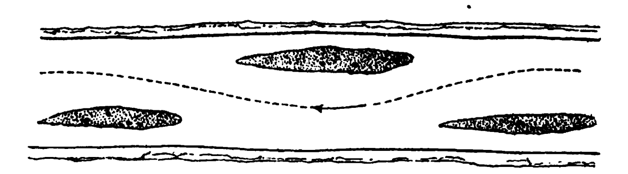


Fig. 1.

Gestalt gestreckter Bänke sich abwechselnd längs der beiden Ufer absetzen (Fig. 1), weil in der Regel die Geschwindigkeit unmittelbar an den Ufern geringer wird, oder weil Reflexionen

der Strömung an den festen Ufern stattfinden und dadurch ruhigere Stellen zwischen den Reflexionswinkeln entstehen. Man hat also ein sich schlängelndes (serpentinirendes) Fahrwasser, welches zwischen den Längsbänken sich durchwindet, und thäte Unrecht, das Fahrwasser einfach in der Mittellinie des Flusses anzunehmen.

Als untrüglich kann man jedoch auch diese Andeutung nicht betrachten, weil im Felsenbette bisweilen die grösste Tiefe und Geschwindigkeit auf längere Strecken an einem der beiden Ufer sich findet, oder je nach der Lage der mehr oder minder hervorragenden Gesteinsschichten oder Klippen in scharfer Wendung von einem Ufer an das entgegengesetzte geworfen wird. Bei länger anhaltender einseitiger Lage des Stromstriches befinden sich dann die Ablagerungen — falls solche überhaupt entstehen — jeweilig auf der entgegengesetzten Seite.

Ausserdem können nebst den etwa im Bette befindlichen festen Klippen oder Felsenbarren secundäre Bänke vorkommen, die an den ersteren sich ansetzen, indem insbesondere an dem stromaufwärts gekehrten Rande durch Rückstau eine Verminderung der Geschwindigkeit stattfindet (*m* in Fig. 2).

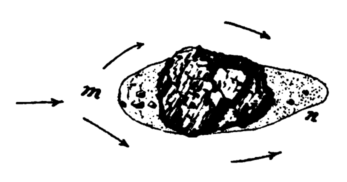


Fig. 2.

2. In beweglichem Terrain.

Betten, welche in beweglichem Material eingegraben sind, verlaufen höchst selten gerade und zwar nur dann, wenn bei ziemlich grossem Gefälle, also bei grosser Stosskraft des Wassers, auf längere Distanzen keine secundäre Querneigung des Terrains vorhanden ist und das Material der Seitenwände und jenes des Flussgrundes in gleicher Weise angreifbar ist. In diesem Falle hat das Querprofil annähernd die Gestalt einer Parabel, deren Scheitel am Grunde in der Mitte des Bettes liegt und deren Aeste an den Seitenwänden hinlaufen. Die grösste Tiefe, sowie die grösste Geschwindigkeit befindet sich dann in der Mitte des Flusses und Ablagerungen von un-

beweglichem Material kommen in der Nähe des Stromstriches nicht vor. sie können jedoch, wie in dem ersterwähnten Falle (Fig. 1) längs der beiden Ufer entstehen, besonders dann, wenn die Parabel, welche den Querschnitt des Bettes darstellt, sehr flach verläuft, weshalb man sich dann den Ufern nur mit Vorsicht und unter wiederholten Sondirungen nähern soll.

Eine so vollständige Symmetrie, wie die hier vorausgesetzte, kommt übrigens in Wirklichkeit sehr selten vor; das Bett verflacht sich vielmehr nach einer oder der andern Seite stärker und eben da sind dann die Ablagerungsstätten. Noch häufiger, ja in der grossen Mehrzahl der Fälle, verläuft bei beweglichem Terrain das Wasser in selbstgebildeten Curven, wovon weiterhin unter C. die Rede sein wird.

b) bei wechselndem Gefälle.

Mag das Bett im festen oder beweglichen Material verlaufen, so entsteht bei einem Gefällsbruch, an welchem die schwächere Neigung des Bodens in eine stärkere übergeht, eine Vermehrung der Geschwindigkeit, die Sinkstoffe werden von da an leichter mitgeführt, die Wahrscheinlichkeit von Ablagerungen ist geringer und der Stromstrich. wo es sich um bewegliches Terrain handelt, am wahrscheinlichsten in der Mitte. Wo hingegen das Gefälle sich vermindert, finden wegen verminderter Geschwindigkeit leicht Ablagerungen quer über das ganze Bett statt, zwischen denen das Wasser einen oft vielfach wechselnden Weg sich bahnt. Dieser Weg pflegt jedoch nicht unregelmässig und verworren, sondern derart zu verlaufen, dass er Krümmungen abwechselnd nach links und nach rechts bildet (serpentinirt) und es gelten dann jene Regeln, welche später bezüglich des Fahrwassers bei gekrümmtem Laufe gegeben werden.

B. Auf Strecken mit divergirenden oder convergirenden Ufern.

Wenn, selbst bei gleichbleibendem Gefälle, sich das Bett nach seiner ganzen Breite weiter ausdehnt, mithin die Ufer weiter auseinandertreten oder ein Uebergang aus einer Enge in eine Weitung stattfindet, vermindert sich die Geschwindigkeit des Wassers und die von oben her kommenden Geschiebe lagern sich am Beginne der Weitung in Gestalt einer mehr oder minder breiten Bank ab, welche beiläufig in der Mitte zu

liegen kommt, und daher eine Gabelung der Strömung veranlasst. (Fig. 3). Das Gerinne verläuft dann beiderseits der Bank und nähert sich den beiden Ufern. Wenn man also stromabwärts fahrend in eine Verbreiterung des Flusses gelangt, hat man immer eine solche Mittelbank zu vermuthen und sich durch Sondirung über die Lage derselben zu orientiren, falls sie nicht bereits trocken aus dem Wasser hervorsieht. Welcher von

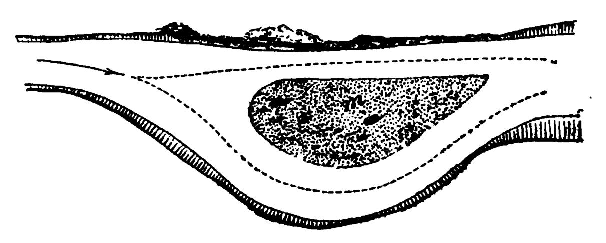


Fig. 3.

beiden Armen das bessere Fahrwasser bietet, kann hauptsächlich nach der Stärke der Strömung beurtheilt werden und ist die grössere Tiefe dort zu vermuthen, wo die stärkere Strömung ist.

Um wieder diese selbst zu beurtheilen, dienen einige der später folgenden Regeln.

Wenn im Gegensatze zu dem eben behandelten Falle eine Weitung in eine Enge übergeht, also die Ufer zu convergiren beginnen, entsteht bei diesem Uebergang ein Rückstau, eine Verminderung der Geschwindigkeit und infolge dessen eine Neigung zu Ablagerungen. Diese finden jedoch meistens in störender Weise nur dann statt, wenn die Ufer nicht ganz allmählich, sondern in ziemlich rascher Biegung sich einander nähern oder auch nur an einer der beiden Seiten ein Ufervorsprung in's Bett hineinragt. In solchen Fällen verhält sich die Strömung und die Ablagerungs-Tendenz in folgender Weise, wobei wir auf die beistehende Figur 4 verweisen. Der Strom-

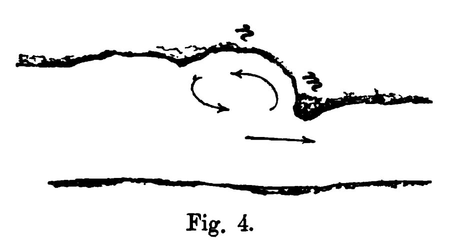


Fig. 4.

strich (durch den Pfeil angedeutet) schneidet gleichsam die durch den Vorsprung *m* gebildete Bucht *mn* mit ruhigem Wasser von der lebhaften Aussenströmung ab und es entsteht hinter dem Vorsprunge eine Gegenströmung, wie die kleinen Pfeile der Figur anzeigen. Diese Gegenströmung führt den Ueberschuss des in der Bucht sich anstauenden Wassers wieder in den Stromstrich hinein. (Vergl. den gekrümmten Pfeil.)

Solche Gegenströmungen sind zwar immer weniger lebhaft, als der Stromstrich, in den sie schliesslich zurückkehren, aber sie sind oft bedeutend genug, um den Schiffer, welcher nicht darauf gefasst ist, in Verlegenheit und selbst Gefahr zu bringen, weil die Manöver ganz verkehrt ausfallen, wenn man sich über die Richtung der Strömung täuscht. Solche Gegenströmungen finden bei felsigen Betten bisweilen auch in grossen Tiefen statt, ohne dass sie an der Oberfläche deutlich werden, wenn nämlich derlei Vorsprünge sich nur in der Tiefe befinden und sich nicht weiter nach Oben erstrecken. Solche Widerströmungen in der Tiefe lassen sich allerdings bei einer erstmaligen Befahrung vom Schiffe aus nicht erkennen und höchstens dann vermuthen, wenn das Terrain im Allgemeinen derlei Vorsprünge quer gegen den Flusslauf zeigt.

Auf die Sinkstoffe haben solche Widerströmungen folgenden Einfluss:

Im Innern des mehr odermin der kreisförmigen oder elliptischen Wirbels der Gegenströmung ist das Wasser verhältnissmässig ruhig, daher entstehen daselbst leicht Ablagerungen, welche annähernd die Gestalt des Wirbels wiedergeben. Die beistehende Fig. 5 zeigt einen solchen sehr häufig vorkommenden Fall.

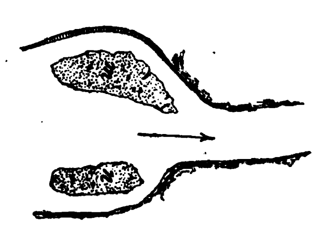


Fig. 5.

Die Strömung geht in der Regel auf die Mitte der Enge hin, und man muss daher die oberhalb der Enge liegenden Buchten vermeiden — nicht nur wegen der Gegenströmung, sondern auch weil dort abgelagerte Bänke (*m*, *n*) zu vermuthen sind.

C. Bei gekrümmtem Laufe.

Bei Flusskrümmungen ist in der Regel die Geschwindigkeit

des Wassers an der convexen Uferseite, d. h. wo das Land vorspringt, kleiner, als an der entgegengesetzten concaven; der Stromstrich drängt sich, je schärfer die Curve ist, desto näher an das Hohlufer. Am letzteren werden wegen der entschieden geringeren Wassergeschwindigkeit Sinkstoffe abgesetzt, welche die Convexität dieses Ufers noch vergrössern. Das gilt sowohl in festem als in beweglichem Terrain. Im ersteren weiset zwar bisweilen die Lage von Bodenspalten oder Klippen dem Stromstrich eine andere Richtung an, aber die Tendenz geht doch nach dem concaven Ufer. Auf Strecken in beweglichem Materiale bildet sich das Wasser selbst eine fortlaufende Reihe von Contre-Curven, und diese Gestalt eines Flusslaufes ist eigentlich die natürliche. Bei starker Strömung in sehr beweglichem Material werden die Strömungen sehr

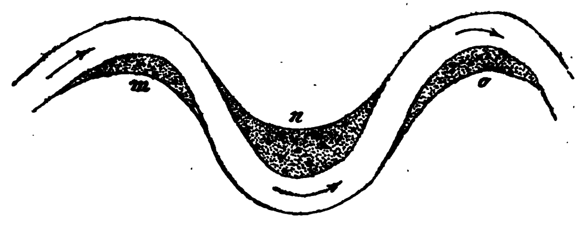


Fig. 6.

excessiv, und der Stromstrich schweift nach beiden Seiten weit ab von der idealen Mittellinie, welche dem allgemeinen Gefälle des Terrains entsprechen würde; überall aber findet man die erwähnten Anlandungen an den convexen Ufern (Fig. 6 *m*, *n*, *o*), bei schwachen Krümmungen halbmondförmig (Fig. 6), bei scharfen Krümmungen aber immer mehr zungenförmig hervortretend (F. 7),

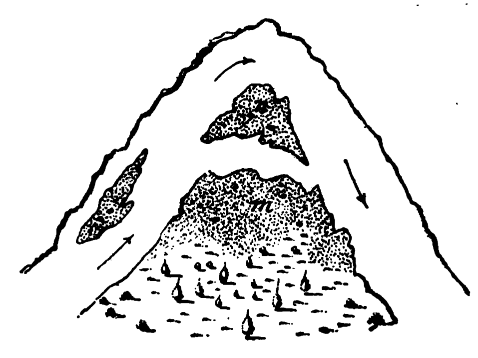


Fig. 7.

während die concaven Ufer vom Wasser angegriffen werden (Bruchufer).

Die Regel für das Fahrwasser ergiebt sich daraus von selbst; man halte sich möglichst nahe am Bruchufer (an der Concavität des Ufers). Nur bei Hochwasser, wenn die erwähnten Anlandungen tief unter Wasser liegen, kann man insbesondere bei der Bergfahrt mit Vortheil die mehr in der Richtung der Sehne der Krümmung, also über die Anlandung hinwegfahren, weil man dadurch nicht allein den Weg abkürzt, sondern auch gegen eine geringere Stromgeschwindigkeit zu arbeiten hat.

Dieser Typus aufeinanderfolgender Contre-Curven ist der weitaus vorwiegende bei unregulirten Flüssen, besonders in Weitungen mit beweglichem Terrain, und erstreckt sich oft mehrere Myriameter, viele Tagreisen weit, bis wieder eine Enge kommt.

Bei jeder Schifffahrt in serpentinirenden Strecken, sei es in dem schon oben Seite 478 Fig. 1 erwähnten, oder in dem hier behandelten Falle, ist besonders noch auf folgende Punkte zu achten.

Wenn die abwechselnd an beiden Ufern — daher schief gegeneinander liegenden Bänke, zwischen denen der Stromstrich sich schlängelt, eine grossere Breite besitzen, so nähern sich ihre dem Strome zugekehrten Ränder so sehr, dass sie am Grunde mehr oder weniger vollkommen sich vereinigen, wodurch eine das Flussbett diagonal durchziehende Grundbarre oder Grundschwelle entsteht. Solche Stellen werden auch „Furthen“ genannt. Eine Flussstrecke mit zahlreichen derartigen Krümmungen verhält sich wie ein geschlängeltes Thal, welches von sattelförmigen Querriegeln durchzogen wird.

Je schärfer die Krümmungen sind, desto leichter bilden sich solche untergetauchte Bänke oder Untiefen, welche das Fahrwasser einengen, bei Niedrigwasser oft kaum zu passiren sind und daher besonders die Vorsicht des Schiffers herausfordern. Man wird also an den Stellen, wo eine Krümmung in die andere übergeht, sich möglichst in der Mitte zwischen den sichtbaren Rändern der beiderseitigen Anlandungen halten, weil dort am ehesten eine tiefere Senkung der Schwelle, gleichsam ein Pass, zu erwarten ist.

Ferner ist zu bemerken, dass die eben geschilderte regelmässige Abwechslung des Stromstriches einerseits und der halb-

mondförmigen oder zungenförmigen Anlandungen andererseits, dann der Furthen, bei gekrümmten Flussläufen nur dann stattfindet, wenn mit der Krümmung des Flussbettes nicht zugleich eine andere noch einflussreichere Configuration des Bettes (Abschnitt B.) verbunden ist. Wenn hingegen zugleich eine Verbreiterung oder Verflachung des Bettes gegeben ist, oder der Fall eines Rückstaues eintritt, so wirken diese Umstände gewöhnlich entscheidender als die Krümmung, und es treten in erster Linie jene Ablagerungen auf, welche dem so geänderten Profile entsprechen, wie die schon Seite 481 und 482 betrachteten. So ist die rechtsseitige Curve in Fig. 3 nicht von einer mit dem entgegengesetzten Ufer zusammenhängenden Anlandung begleitet, sondern es liegt dort eine Mittelbank, weil eben eine Verbreiterung des Bettes, eine Weitung, beginnt; und in Fig. 5 finden sich Bänke in beiden Concaven abgelagert, weil der Rückstau dort seine Wirkung übt.

D. Beim Convergiren zweier Strömungsrichtungen.

Wenn zwei Strömungen, sei es am untern Ende einer Stromspaltung, oder bei der Mündung eines fliessenden Gewässers in das andere, convergiren, so resultirt aus dem Zusammentreffen der beiden bewegten Massen eine Richtung, welche zwischen beiden ursprünglichen Strömungsrichtungen liegt und sich, wenn nicht beide gleich stark sind, der Richtung der stärkeren nähert. Aber nicht nur die Richtung, sondern auch die Geschwindigkeit wird bei dem Zusammentreffen vermindert, indem jede der beiden Strömungen einen Theil ihrer Kraft durch die seitliche Abdrängung in die neue Richtung verliert.

In der Gegend des Zusammentreffens beider Strömungen muss also eine mehr oder minder bedeutende Verlangsamung eintreten, wodurch selbstverständlich Anlass zu einer Ablagerung gegeben ist. Der Stromstrich wird dadurch von der Stelle des Zusammentreffens nach derjenigen Richtung abgedrängt, welche in der Bewegungsrichtung der stärkeren Strömung liegt; wenn aber beide Strömungen die gleiche Stärke haben, so theilt sich das Fahrwasser nach beiden Seiten der langgestreckten Bank, welche zwischen beiden Strömungen sich gebildet hat. In der Mitte eines und desselben Flusses finden solche Fälle nicht selten dann statt, wenn Klippen oder Blöcke oder auch fest-

gerannte Baumstrünke, Wracks versunkener Fahrzeuge u. s. w. vorkommen. Dass an der stromaufwärts gekehrten Seite solcher Objecte durch Rückstauung eine Ablagerung entsteht, wurde schon oben Seite 479 (*m* in Fig. 2) angedeutet; aber auch an der stromabwärts gekehrten Seite tritt eine Ablagerung deshalb auf, weil daselbst die Strömung, welche nach beiden Seiten ausweichen musste, sich wieder vereinigt, und daher wenigstens auf eine kurze Strecke convergirt und sich dadurch verlangsamt (*n* in Fig. 2). Auf diese Art entsteht oft um ein ursprünglich kleines Hinderniss eine langgezogene Bank, die jedoch nicht immer an der Oberfläche sichtbar ist. Man muss daher einem aus dem Wasser auftauchenden Hindernisse schon aus einiger Entfernung ausweichen, um nicht auf die oberhalb gelegene Untiefe zu gerathen und ebenso unterhalb des Objektes entsprechende Vorsicht üben.

Bei der Mündung eines fliessenden Gewässers in ein anderes treffen sich selbstverständlich auch immer zwei Strömungen in einem kleineren oder grösseren Winkel, und aus dem eben erwähnten Grunde pflegen daselbst die bekannten Barren oder Deltabildungen vorzukommen, welche ebenso oder in noch ausgedehnterem Maasse an den Mündungen von Flüssen in stehende Gewässer auftreten.

Bei der Mündung eines Nebenflusses in einen Hauptfluss liegt eine Spitze des Deltas gewöhnlich nahezu in der Mitte des Nebenflusses, der dadurch mindestens in zwei Arme gespalten wird; die zwei andern Spitzen des Dreieckes liegen bereits im Hauptstrome, die eine stromaufwärts, die andere stromabwärts gekehrt; die erstere kürzer und mehr abgerundet, die zweite mehr in die Länge gezogen, und der Stromstrich des Hauptflusses wird selbstverständlich durch das vorgeschobene Delta nach der entgegengesetzten Richtung abgedrängt.

E. Zufällige Hindernisse im Fahrwasser.

Die bisher betrachteten Fälle lassen wenigstens annähernd gewisse Gesetzmässigkeiten erkennen; es kommen aber auch Hindernisse vor, die man nur als Zufälligkeiten betrachten kann. Hierher gehört z. B. das in manchen Flüssen häufig vorkommende Herausragen gestrandeter grösserer Baumstrünke oder das Auftreten von solchen Felsblöcken, welche nicht

ursprünglich dem Flussbette angehören, sondern vom Eise herbeigeführt wurden, und, nachdem das Eis gestrandet und abgeschmolzen war, liegen blieben. Gegen derlei Objecte lässt sich eben nichts anderes als die ohnehin selbstverständliche grosse Aufmerksamkeit empfehlen; — aber eine gewisse Gesetzmässigkeit ist auch in solchen Fällen wenigstens insofern vorhanden, als das Stranden von Baumstrünken oder Eis u. s. w. doch immer nur an seichteren Stellen stattfinden kann und man daher, wenn man dem Stromstriche folgt, nicht leicht in derlei Gefahren geräth.

F. Veränderungen, denen die Ablagerungen unterliegen.

Die Veränderungen, welche an bereits gebildeten Ablagerungen vorgehen, können entweder

die Oberfläche, oder

die Seitenränder, oder

einen Theil der Substanz durch die ganze Bank hindurch, endlich

die gesammte Masse der Ablagerung

betreffen.

Die Oberfläche wird, wenn nachfolgende Hochwässer bei gleichbleibender Stromvertheilung neue Sinkstoffe herbeiführen, erhöht. Wenn jedoch eine stärkere Strömung eintritt, werden die Oberflächenschichten der Ablagerung weggeführt, dieselbe wird erniedrigt und es liegt dann anstatt einer bei mittlerem oder niedrigerem Wasserstande sichtbaren Bank eine untergetauchte oder eine Untiefe vor.

Die Seitenränder werden am häufigsten bei Mittelbänken angegriffen, selten hingegen ist dies der Fall bei den Anlandungen an den convexen Ufern.

Eine bedeutendere Veränderung einer Bank tritt dann ein, wenn sie an einer oder mehreren Stellen durchgerissen wird. Dies geschieht durch eine oft nur vorübergehende Ablenkung der Strömung, am häufigsten bei Mittelbänken (Fig. 3) und bei dem zungenförmigen Typus der Krümmungsbänke (Fig. 7). Wenngleich in solchen Fällen schmale Rinnen durch dergleichen Bänke gehen und es so aussieht, als ob mehrere regellos zerstreute Bänke vorhanden wären, bleibt doch die vorhin dargestellte Gesetzmässigkeit bestehen; die zwei, drei oder mehrere Stücke der ursprünglichen Mittelbank sind eben nicht als

einzelne Inselchen, sondern nur als oberflächlich getrennt erscheinende, unten aber noch zusammenhängende Theile der gesetzmässigen Mittelbank zu betrachten und ebenso die Stücke, in welche eine zungenförmige Anlandung nicht selten getheilt wird.

Man wird daher beispielsweise in dem Falle, welchen Fig. 7 darstellt, sich nicht verleiten lassen, die obere (dreieckige) Bank *n* als eine besondere Insel aufzufassen.

Was dem ungeübten Auge oft als ein Chaos regelloser Bänke oder Inseln erscheint, wird von demjenigen, welcher mit den Gesetzen der Ablagerung und der Stromrichtungen vertraut ist, in seinem gesetzmässigen Zusammenhange aufgefasst.

Schliesslich sind noch die Fälle zu betrachten, in denen ganze Ablagerungen von ihren Plätzen verschwinden. Das kann nur durch eine Verstärkung der Strömung bewirkt werden, und diese wieder kann eintreten entweder durch Vergrösserung des localen Gefälles oder durch eine sich vollziehende Umlegung des Stromstriches, wodurch dieser über eine Stelle geleitet wird, an welcher bisher eine Bank lag. Der erste dieser beiden Fälle tritt in grösserem Maassstabe bei unregulirten Flüssen nur selten ein, — etwa durch Zerbröckelung und Wegschwemmung oder Durchreissen eines festen Hindernisses, welches bisher einen Rückstau verursachte. Am seltensten geschieht es, dass das Gefälle am oberen Ende einer Weitung sich vergrössert; Mittelbänke verschwinden also am seltensten, — sie werden höchstens in mehrere Stücke getheilt. In geringem Maasse aber entsteht naturgemäss eine Verstärkung der Stromgeschwindigkeit dann, wenn nach Hochwasser das Fallen des Wassers in einer unteren Strecke früher eintritt, als an der benachbarten oberen, wenn z. B. der Niederschlag und das Zuströmen der seitlichen Gewässer in der unteren Strecke früher aufhört, als in der oberen, da hierdurch das Oberflächengefälle vorübergehend vergrössert wird. Daher werden nicht selten die Bänke, welche während des Hochwassers angetragen wurden, bei rasch sinkendem Wasserstande theilweise durchrissen, zerstückelt, an den Rändern angegriffen oder auch ganz verschoben, welch' letzteres jedoch, wie gesagt, bei Mittelbänken am seltensten geschieht — und dasselbe gilt von den sanfter gerundeten Krümmungs-Anlandungen in festem Terrain, wo die Gestalt der Krümmungen durch felsige Ufer unverrückbar gegeben ist. Dagegen wechselt der Ort der Bänke und des

Fahrwassers allmählich durch Umlegung oder Wandern in folgenden zwei Fällen: a) Die ufernahen Bänke bei geradem Verlaufe des Bettes (s. Fig. 1) rücken allmählich, jede an derselben Stromseite, an der sie bisher lag, stromabwärts; dadurch werden auch die Furthen und die Curven, in denen das Fahrwasser zwischen den Bänken serpentinirt, verrückt, derart, dass nach längerer Zeit gerade dort, wo früher eine Bank lag, eine Auskrümmung des Stromstriches zu liegen kommt und die neue Stromstrichlinie mit der alten nach einer gewissen Zeit und vorübergehend die Gestalt einer Reihe von liegenden „Achten" (∞) bildet. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Verschiebung fortschreitet, ist sehr verschieden je nach der Stromgeschwindigkeit und dem Detritus; an Rhein und Donau hat man ca. 300 und 200 Meter durchschnittlich für ein Jahr gefunden. Diese Veränderung hat demnach für die erstmalige Beurtheilung des Fahrwassers keine wesentliche Bedeutung, ist jedoch von Interesse für den Fall, als man Karten oder Skizzen solcher Flussstrecken von früheren Reisenden besitzt, wobei man es keineswegs als selbstverständlich annehmen darf, dass die daselbst etwa verzeichneten Ablagerungen dieses Typus noch an den gleichen Punkten liegen. b) Der zweite Fall einer häufig vorkommenden Umlegung des Stromstriches und Fahrwassers kommt bei den weit abschweifenden Krümmungen in Strecken mit stärkerer Geschwindigkeit und in beweglichem Bodenmateriale vor. Die Curven werden da, wie schon oben gesagt, allmählich schärfer oder mehr zugespitzt (Typus Fig. 7) und es tritt endlich ein Moment ein, wo bei plötzlich zunehmender Strömung, z. B. bei rasch von obenher anwachsendem Wasserstande, oder auch bei raschem, von untenher beginnendem Fallen, die zungenförmige Anlandung (*mn* in Fig. 7) mehr oder minder nahe an ihrer Basis, d. h. also näher am entgegengesetzten (hier rechten) Ufer quer durchrissen wird und dann der Stromstrich durch diesen Riss geht. Der Riss bleibt jedoch nicht geradlinig, sondern die nach dieser Seite abgewichene Strömung höhlt auch hier wieder das Ufer aus, es entsteht eine der früheren entgegengesetzte Curve und das frühere lebendige Fahrwasser wird zu einem todten Arm, — der übrigens meistens nicht verlandet, sondern tief und fahrbar bleibt (Bayous des Mississippi und seiner Nebenflüsse). Es ergiebt sich also auch in diesem

Falle ein Wechseln der Krümmungs-Scheitel von einem Ufer an das entgegengesetzte, ein Sichdurchkreuzen des neuen Stromstriches mit dem alten; der Unterschied besteht aber darin, dass hier die Umlegung plötzlich und unvorhergesehen eintritt, während im früher betrachteten Falle (*a*) das Wandern der Bänke und des Fahrwassers langsam und in einem für die einzelne Strecke fast gesetzmässigen Tempo erfolgt. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass im vorigen Falle (a und Fig. 1) die Bänke ihre Stelle wechseln, und die Umlegung des Fahrwassers eine Folge davon ist; im zweiten Falle (b und Fig. 6 u. 7) hingegen nur das Fahrwasser wechselt, die Bänke aber liegen bleiben und nur zerstückelt werden.

Es dürfte nun das Wesentlichste von demjenigen angedeutet sein, was zur Orientirung über die Vorgänge in einem unregulirten Flussbette dient, soweit es sich dabei um die Beurtheilung des Fahrwassers handelt. Eigene Beobachtung muss allerdings diese Andeutungen ergänzen, würde aber ohne derlei Fingerzeige erst nach manchen vielleicht bedenklichen Fehlgriffen zum Richtigen führen.

Einige Oceanographische Aufgaben.

Von

O. Krümmel.

I. Meeresströmungen.

(Mit einer Weltkarte in Mercator's Projection.)

Es ist nicht nur ein rein wissenschaftliches, sondern auch ein eminent praktisches Interesse, welches die Erforschung der Meeresströmungen als eine der lohnendsten Aufgaben erscheinen lässt, welche sich der Beobachtung zur See darbietet. Die Hülfsmittel, einen Einblick in diese grossartigen Verschiebungen der Wassermassen im Ocean zu gewinnen, sind sehr vielseitige; die Handbücher der Oceanographie geben darüber näheren Aufschluss. Hier sei nur kurz darauf hingewiesen, wie die sogen. „Stromversetzung" des in der Fahrt befindlichen Schiffes und die Versenkung des von Aimé angegebenen Stromzeigers, sowie die Beobachtung geeigneter Treibkörper (Bojen) unmittelbar über Richtung und Stärke des Stromes unterrichtet; vor Anker liegende Schiffe vermögen auch zur Messung der Stromstärke der Logge oder (namentlich in der Tiefe) der von den Wasserbautechnikern in den Flüssen mit Erfolg benutzten Flügelräder (Woltmann, Amsler-Laffon etc.) sich zu bedienen. Auf indirectem Wege erhält man einen Einblick in die Meeresströme vor Allem durch Beobachtung der Wassertemperaturen; letztere sind an Bord ja leicht und sehr verlässlich zu bestimmen, und der Reisende möge darum das Wasserthermometer so oft wie nur möglich (mindestens aber alle 4 Stunden) gebrauchen. Endlich ist die Beobachtung und Untersuchung im Wasser treibender Gegenstände aller Art anzurathen, mögen es eigens zu solchem Zwecke über Bord geworfene „Flaschen-

posten" oder nur zufällig in's Meer gerathene oder darin ständig treibende Körper sein, wie Treibholz, Früchte und andere Pflanzentheile, deren Herkunft zu bestimmen von wesentlicher Bedeutung ist (weshalb man sich stets bemühe, Proben zu sammeln). Namentlich achte man auf das Vorkommen von Seetang auf hoher See. In höheren Breiten, wo Treibeis gefunden wird, versäume man nicht, letzteres so genau als möglich zu beschreiben: Dimensionen, Farbe, etwaige Streifung oder Schichtung oder gar Spaltung, das Vorkommen von Steinen darauf oder daran, versäume man niemals sorgsam festzustellen. Es erscheint von Interesse, auch das specifische Gewicht dieses treibenden Eises zu bestimmen, sei es nun Feldeis (gefrorenes Meerwasser) oder von Eisbergen. Mit welchem Bruchtheil ihrer Masse tauchen sie ein? Sitzt ein Eisberg fest, so lothe man die Tiefe oder entnehme dieselbe der Seekarte, wenn es sich um häufig befahrene Meeresstriche handelt.

Da nach den neueren theoretischen und praktischen Untersuchungen die Ursache der Strömungen in erster Linie in den herrschenden Winden zu suchen ist, in zweiter aber erst in Unterschieden des specifischen Gewichtes (d. h. sowohl des Salzgehalts wie der Temperaturen), so versäume man niemals, etwaigen Strombeobachtungen Angaben über den während der letzten 24 bis 36 Stunden vorher herrschenden Wind (Richtung, Stärke, ob böig, puffig oder schlank durchwehend) hinzuzufügen.

Systematische Untersuchungen über die Ausdehnung der Meeresströme nach der Tiefe hin sind im höchsten Maasse erwünscht, wenn auch auf hoher See auf directem Wege kaum zu gewinnen. Dagegen ist es von Bord eines etwa in flacheren Meerestheilen von einiger Ausdehnung verankerten Schiffes (z. B. Leuchtschiffes), möglich, mit dem Aimé'schen Stromweiser und dem Woltmann'schen Flügelrad in verschiedenen Tiefen Richtung und Stärke des Stromes von der Oberfläche bis zum Boden hinab festzustellen. Nur ist es bedenklich, eine Position nahe irgend welchem Landvorsprunge (Halbinsel, Cap oder Küsteninsel) hierfür zu benutzen, weil der Windstau an solchen Stellen den Strom erheblich verstärkt. — Auf indirectem Wege aber belehrt häufig das Tiefseethermometer über die Tiefe der Strömung; namentlich in solchen Gebieten, wo warme und kalte Ströme einander nahe begrenzen, gewährt die Bestimmung der Wasserwärme in der Tiefe einen noch deutlicheren

Aufschluss über den Charakter der bewegten Wassermassen als die Oberflächentemperatur.

Auf flacheren Gebieten sind die Gezeitenströme der Beobachtung der eigentlichen Meeresströmung sehr hinderlich, weil sie die letztere durch ihre grosse Stärke meist verdecken. Das ist namentlich in den meisten Meeresstrassen der Fall, wenn sie nicht, wie etwa die Belte oder der Sund, überhaupt nur minimale Gezeitenbewegung kennen.

Beigegebene Karte stellt das Bild der Meeresströme dar, wie es sich gemäss den neueren Untersuchungen ergeben hat; der Verfasser ist indess weit davon entfernt, das Bild als ein durchweg gesichertes hinzustellen. Es soll nur dazu dienen, eine schematische Uebersicht der Wasserverschiebungen zum Ausdruck zu bringen, und zwar sowohl nach ihrer allgemeinen, durchschnittlichen Richtung wie nach der Stromstärke, die oft in Wirklichkeit grösser, oft auch viel kleiner gefunden werden dürfte, als die Karte erwarten lässt. Die schwächeren Ströme, d. h. die weniger als 24 Seem. in 24 Stunden ergebenden, wird man fast überall in hohem Maasse modificirt durch den jeweilig vorhandenen Wind finden; und nur Stromstärken von mehr als 36 Seem. in 24 Stunden dürften im Allgemeinen sich als unabhängig vom Winde erweisen.

Im Folgenden seien diejenigen Punkte noch besonders hervorgehoben, welche strittig, unsicher oder ganz zweifelhaft in dem gegebenen Kartenbilde erscheinen.

Im Atlantischen Ocean. — Die Existenz einer von Rennell angegebenen und nach ihm benannten Strömung, welche aus dem Biskaya-Golf nach Nordwest hin quer vor der Mündung des Britischen und Irischen Kanals herziehen soll, ist neuerdings bestritten, und wie es scheint, ganz mit Recht. Frühere Beobachter hatten sich offenbar durch Gezeitenströme täuschen lassen. Indess ist nähere Untersuchung erwünscht.

Der Guineastrom ist bezüglich seiner Ausdehnung nach Westen hin (im September bisweilen bis über 45° W. L.?) und namentlich seinem Verhalten an der Sierra-Leone-Küste zu untersuchen. An letzterer scheint er, wie auf der Karte angedeutet, mit einem Bruchtheil seiner Masse nach Norden umzubiegen. Diese Auffassung wird namentlich gestützt durch das Verhalten der Wassertemperaturen östlich von den Capverdischen Inseln, sowie durch einige Flaschenposten.

In den Passat- oder Aequatorialströmen achte der Reisende auf vorkommende Stromkabbelungen; er untersuche, ob eine Aenderung der Wassertemperaturen dabei bemerkbar ist.

Die Stromkante des warmen Brasilienstromes gegen den kälteren Falklandstrom ist durch das Wasserthermometer zu untersuchen; ebenso das Vordringen des warmen Agulhasstroms in den südatlantischen Ocean südwestlich vom Capland bis nahe 10° östl. Länge.

Im Indischen Ocean. — Die Stromvorgänge in den Breiten südlich von 40° S. sind noch recht zweifelhafte. Gelangt ein Theil des vom Agulhas- und Madagaskarstrom südwärts geführten Tropenwassers nach seinem Umbiegen in die Ostrichtung westlich von Kerguelen nach Süden? Hier würden schon die Wassertemperaturen, namentlich nahe dem 50° S. B., interessanten Aufschluss erwarten lassen. Die Seltenheit der Eisberge bei Kerguelen lässt eine solche Abbiegung relativ warmen Wassers nach Süden wohl denkbar erscheinen, während die Theorie eine zwingende Ursache hierfür grade nicht kennt. Hier muss also die Beobachtung entscheiden.

Der Westaustralische Strom hat nahe der Küste nicht jenes auffallend kalte Wasser, welches die analogen Strömungen (Peru-, Benguela-, Nordafrikanische und californische Strömung) sonst charakterisirt. Warum fehlt dieses kalte Küstenwasser hier? Wird letzteres von einem wärmeren an der nordwestaustralischen Küste entlang südwärts gehenden Meeresstrom beherrscht, wofür mannigfache Beobachtungen vorliegen, besonders im (südlichen) Winter?

Wie ordnen sich die Strömungen in dem Winkel zwischen den Sunda-Inseln und Nordwestaustralien an? Das Bild der Karte muss hier als ganz zweifelhaft bezeichnet werden.

Im Pacifischen Ocean. — Das Verhalten des Kuro-Schio oder Japanischen Stroms an seinem Nordrande östlich 160° östl. Lg. ist neuerdings zweifelhaft geworden, indem Dall sein Eindringen in die Beringsee bestreitet. Ebenso ist es nicht sicher, ob die Spaltung des ostwärts verlängerten Kuro-Schio an der nordamerikanischen Küste nicht südlicher erfolgt, als die Karte angiebt: die nordamerikanische Küstenbeschreibung bezeichnet 55° N. Br. als Spaltungsstelle der nach Süden und Norden ziehenden Aeste; aus den Wasser-

temperaturen würde sich eine beträchtlich südlichere Stelle (40°—45° N. Br.) hierfür erwarten lassen.

Die Temperaturkarten zeigen an der Küste der californischen Halbinsel in der Nähe des Wendekreises von Nord nach Süd ein sehr rasches Ansteigen der Wasserwärme. Ist diese Erscheinung ein Analogon zu dem gleichen Vorgange östlich von den Capverdischen Inseln, und beruht sie ebenso auf einem Umbiegen des Aequatorial-Gegenstroms an der mexikanischen Küste nach Norden und Nordwesten? Die älteren Autoritäten nehmen eine monsunartig wechselnde Strömung an, die im Winter nach SO., im Sommer nach NW. läuft. Auch hier würde das Wasserthermometer einen sehr erwünschten Aufschluss ergeben, denn der Aequatorial-Gegenstrom enthält sehr warmes, der californische Strom dagegen relativ kaltes Wasser. Der Uebergang des ersteren in den letzteren scheint, vielleicht mit den Jahreszeiten sich verschiebend, nahe dem Eingange in den californischen Golf stattzufinden.

Die Aequatorial-Gegenströmung ist in der Ausdehnung, wie unsere Karte sie giebt, nicht regelmässig im Winter gefunden worden; dagegen ist sie im Sommer vielfach besonders stark aufgetreten. Beobachtungen über ihre Ausdehnung und Temperatur in allen Jahreszeiten sind besonders erwünscht.

Endlich ist das Umbiegen der südlichen Aequatorialströmung in dem Meeresstrische zwischen den Schifferinseln und Neuseeland einer sorgfältigen Prüfung bedürftig. Das Bild, welches die Karte davon giebt, ist das Resultat einer eingehenden Discussion aller vorliegenden Beobachtungen. Grosse Unterschiede der Wassertemperaturen auf kurzen Abständen sind hier nirgends bekannt; doch sind die Gebiete um die Chatham-Inseln und nordöstlich davon, bei 30° S. Br., 170° W. Lg., durch immerhin auffallende Aenderungen der Wasserwärme merkwürdig. Grosse Temperatursprünge sind, allerdings nur einmal, in ca. 48° S. Br., 130°—125° W. Lg. constatirt. Beobachter, welche diese Gebiete, sowie die Umgebung von Neu-Seeland berühren, mögen das Wasserthermometer aufmerksam gebrauchen, überhaupt den Strömungsvorgängen ihr Interesse zuwenden. Aeltere Autoritäten führten südlich von Neu-Seeland einen warmen Strom südwärts in die Südpolarräume hinein; doch ist schon aus den Wassertemperaturen (die freilich

vollständiger sein könnten), in 45° bis 50° S. Br. keine Bestätigung dafür zu finden.*)

II. Messung der Meereswellen.

Die Beobachtung der Meereswellen gehört zu denjenigen Aufgaben, welche ein aufmerksamer Seereisender unschwer ausführen kann, namentlich, wenn es ihm gelingt, den einen oder anderen der Offiziere des Schiffes für diese Untersuchungen zu interessiren, was um so eher sich erwarten lässt, als dabei Fahrt und Manöver des Schiffes in keiner Weise behindert zu werden brauchen. Freilich sind, wie von vornherein betont werden muss, der Genauigkeit dieser Beobachtungen in vieler Hinsicht Schranken gesetzt, die in der Natur der Sache liegen.

Die hauptsächlichste Schwierigkeit ist die, dass in See nur selten ein vom herrschenden Winde erzeugtes Wellensystem allein vorgefunden wird: in den meisten Fällen durchkreuzen sich verschiedene Wellensysteme von verschiedener Stärke und Abkunft. Namentlich in den abgeschlosseneren Meerestheilen sind die unregelmässigsten Wellenbewegungen an der Tagesordnung, während auf den grossen Wasserflächen im Passat oder in den höheren südlichen Breiten meist nur ein bis zwei Systeme einander durchkreuzen und „Interferenzen“ bilden. Die Ursache davon ist die, dass im Gebiete cyclonaler Luftbewegungen in nicht gerade grossem Abstande von einander sehr verschiedene Windrichtungen vorhanden sind, die eben jede ihr besonderes Wellensystem erzeugen können. Wird dabei der Wind zum Sturm, so wirft er Wellen von solcher Grösse und

---

*) Literatur.

1) Handbuch der Oceanographie und maritimen Meteorologie, verfasst von den Professoren der k. k. Marine-Academie F. Attlmayr etc. 2 Bde., Wien 1883.

2) P. Hoffmann, Zur Mechanik der Meeresströmungen an der Oberfläche der Oceane. Berlin 1884. 99 S. 8°.

3) G. v. Boguslawski, Handbuch der Oceanographie. Bd. I Stuttgart 1883 (für die Temperaturvertheilung). Bd. II, herausgeg. von O. Krümmel, 1887.

4) H. Mohn, Die Strömungen des europäischen Nordmeeres. (Ergänzungsheft 79 zu Petermann's Geogr. Mitth.) Gotha 1885; sehr wichtig für die Theorie der Meeresströmungen.

5) O. Krümmel, Die Atlantischen Meeresströmungen in „Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie“, 1883.

Geschwindigkeit auf, dass diese weit aus ihrem Ursprungsgebiete hinaus über den Ocean sich verbreiten können. So aus dem stürmischen Gebiete bei Neufundland nicht nur in die Stillenregion der sogen. „Rossbreiten", sondern auch in den Passat, ja bis über den Aequator hinaus aus einer Hemisphäre in die andere.

Diese vom herrschenden Winde unabhängigen Wellen nennt der Seemann „Dünung" (engl. swell, franz. houle), während der Wind selbst die „Seen" aufwirft. Der Beobachter an Bord eines Schiffes hat also zunächst die „See" und etwaige „Dünung" zu unterscheiden und bei seinen Messungen auseinanderzuhalten. In den meisten Fällen wird freilich ein Wellensystem durch seine Dimensionen die andern übertreffen.

Es ist nun schon von Interesse einfach zu constatiren, aus welcher Richtung die auftretende Dünung läuft, namentlich im Passatgebiet.

Für die Messungen der Wellen an Bord macht es zunächst einen Unterschied, ob das Schiff selbst in Fahrt ist oder still liegt.

Nehmen wir der Einfachheit wegen zunächst den letzteren Fall, so kann ein einzelner Beobachter in erster Linie sehr bequem die Wellenperiode messen, indem er nach einer Secundenuhr die Zeiten notirt, in welchem die einander folgenden Wellenkämme seinen Standort an Bord passiren. Soll die Wellenlänge, d. h. der Abstand von Kamm zu Kamm, gemessen werden, so macht es einen Unterschied, ob das Schiff mit seiner Kiellinie senkrecht oder in irgend einem Winkel zu den Wellenkämmen liegt. Im ersteren Falle ist die Messung einfach: sobald die Wellen kürzer sind als das Schiff selbst, lässt sich ihre Länge am Schiffskörper leicht bezeichnen, am bequemsten von zwei Beobachtern auf gegebenes Signal. Sind die Wellen aber länger wie das Schiff, so empfiehlt es sich, zuvor die Periode und die Geschwindigkeit der Welle zu messen und daraus die Länge zu berechnen, denn die Länge ist gleich dem Product aus Periode und Geschwindigkeit. Diese Geschwindigkeit, mit der die Welle über die Wasseroberfläche dahinschreitet, ist an einer auf dem Schiffe gemessenen nicht zu kurzen Distanz zu ermitteln, indem auch hier, am besten wieder von zwei Beobachtern, an jedem Ende der abgesteckten Linie nach der Secundenuhr die Zeiten notirt werden, in welchen die Wellenkämme unter der Marke hin-

durchlaufen. In diesem Falle erhält man auch gleichzeitig die Wellenperiode. — Liegt das Schiff zwar still, aber nicht so, dass es die Wellen recht von vorn oder von hinten erhält, so ist der Winkel (θ) zwischen Kiellinie und Wellenrichtung zu messen und die beobachtete Geschwindigkeit mit dem Cosinus dieses Winkels zu multipliciren, vorausgesetzt, dass $\theta < 45^0$, sonst wird das Resultat nicht mehr verlässlich.

Befindet sich das Schiff in Fahrt, so ist es nothwendig, Kursrichtung und Geschwindigkeit des Schiffes zu kennen. Die vorigen Regeln erleiden dann nur eine einfache Modification, wenn Schiff und Wellen in der gleichen oder entgegengesetzten Richtung laufen, indem alsdann nur die Schiffsgeschwindigkeit zu der der Wellen algebraisch zu addiren ist. Nennen wir die Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes (Meter pro Sec.) V, die von der Welle zum Passiren der abgesteckten Distanz l (in Meter) gebrauchte Zeit t (in Sec.), so ist alsdann die wahre Wellengeschwindigkeit

$$c = \frac{l}{t} \pm V$$

ferner die Wellenlänge

$$\lambda = t\ (c \pm V)$$

und die Wellenperiode

$$\tau = \frac{\lambda}{c}.$$

Liegt der Kurs des Schiffes nicht rechtwinklig zu den Wellenkämmen, sondern schräg mit dem Winkel θ zu denselben, so muss auch hier (wieder vorausgesetzt, dass $\theta < 45^0$) die scheinbare Wellengeschwindigkeit in die wahre verwandelt werden durch Multiplication mit $\cos\ \theta$.

Man kann aber auch die Wellenlänge direct messen, wenn die Wellen recht von vorn oder von hinten kommen, indem man die Logge auswirft und die Leine so lang auslaufen lässt, bis jedesmal das Loggebrett und das Hintertheil des Schiffes gleichzeitig auf einem Wellenkamm sich befinden: ein Verfahren, das indess meist zu grosse Wellenlängen ergeben wird.

Schwieriger ist es exact die Wellenhöhe, d. h. den Niveauunterschied zwischen dem höchsten Punkte des Wellenkammes und dem tiefsten Punkte des Wellenthales, zu messen. Sind die Wellen von so beträchtlicher Höhe, dass sie, wenn das Schiff im Wellenthal sich befindet, dem Beobachter die

Kimm verdecken, so kann dieser auf der Commandobrücke, oder wenn das nicht ausreicht, mittschiffs in den Wanten hinaufsteigend, eine Höhe aufsuchen, in der er über die Wellenkämme hinweg visirend diese mit dem Horizont in Linie bringt. Die Höhe seines Auges über der Wasserlinie des Schiffs giebt dem Beobachter alsdann die Wellenhöhe. Freilich ist die Lage der Wasserlinie mittschiffs wohl meist in solchem Falle tiefer anzunehmen als sie in schlichtem Wasser beträgt, weshalb es sich empfiehlt, über diesen Effect schon vor der Messung Beobachtungen anzustellen, soweit das möglich ist.

Segeln zwei oder mehrere Schiffe in Kiellinie und sind die Dimensionen ihrer Takelung bekannt, so kann man, wie Wilkes (United States exploring expedition vol. I, p. 138) zuerst gethan, über die Kämme mehrerer zwischenliegender Wellen hinweg visirend feststellen, wieweit das Nachbarschiff im Wellenthal durch die Wellen verdeckt wird.

Die österreichische Novara-Expedition maass mehrfach die Wellenhöhe so, dass sie zunächst die Wellenlänge feststellte, und dann den Winkel, unter welchem das vor dem Winde laufende Schiff in der Kiellinie durch den Einfluss der ankommenden Welle sich erhob und wieder senkte. Die Wellenhöhe wurde alsdann gleichgesetzt der halben Länge multiplicirt mit der Tangente dieses Winkels. Die Resultate können hierbei aber nicht besonders verlässlich werden.

Neumayer maass die Wellenhöhe mit sehr empfindlichen und mit Mikrometerablesung versehenen Aneroidbarometern; die Resultate sind durchaus verlässlich, da man eine grosse Anzahl von Messungen auszuführen vermag. Man hat nur die Einsenkung des Schiffs gleichzeitig zu beobachten und zu notiren.

Sind die Wellen von mässiger Höhe, so ist ihre Messung von hochbordigen Seeschiffen aus noch umständlicher; ist es möglich, die äussere Bordwand des Schiffes aus einer Stückpforte oder einem Fenster zu übersehen, so lassen sich vielleicht an dieser selbst Marken feststellen (z. B. an den Rüsten, oder Treppen), mit deren Hülfe man die Wellenhöhen schätzen kann. Wird in See einmal ein Boot ausgesetzt, so hat man natürlich am besten Gelegenheit dazu. Die Messapparate dagegen, welche Froude und Pâris construirt haben, sind so unhandlich und kostspielig, dass nur wissenschaftliche Expeditionen sie benutzen dürften.

Beide Apparate sind beschrieben bei Krümmel, Oceanographie Bd. II; vgl. White, Manual of naval Architecture p. 161 ff. und Comptes rendus hebd. de l'Acad. des Sciences à Paris, tome 64, 1867, p. 731 ff.

Wie solche Wellenbeobachtungen systematisch anzuordnen sind, hat am Besten gezeigt Lt. Pâris in Revue maritime et coloniale vol. XXXI, Paris 1871, pag. 111—127, wo er über seine Messungen an Bord der französischen Kriegsschiffe „Dupleix“ und „Minerve“ in den Jahren 1867 bis 1870 berichtete. An im Ganzen 205 Beobachtungstagen hat er ca. 4000 Wellen gemessen, an jedem Tag mindestens 10. Seine Durchschnittswerthe sind bislang die einzigen brauchbaren für den Atlantischen und Indischen Ocean und die Chinesischen Gewässer und sie haben erwiesen, dass die bisher für die beste gehaltene Wellentheorie, die sogen. Trochoidentheorie, in der That den Beobachtungen sich sehr gut anschliesst.

Diese von Gerstner zuerst aufgestellte Theorie findet man ausführlich dargelegt von Hagen in den Mathemat. Abhandlungen der kgl. Acad d. Wiss. zu Berlin a. d. Jahre 1861, und in Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Theil, Bd. 1, Berlin 1863, S. 3—104; ferner von Bertin in den Mémoires de la Société Nationale des Sciences nat. de Cherbourg tomes XV, XVI, XVII, XVIII und XXII; Airy's Abhandlung on tides and waves in der Encyclopaedia metropolitana, vol. V, p. 282 ff. ist schwer zugänglich, einen Auszug daraus bringt Liouville's Journal des Mathématiques 3me Série, vol. I, Paris 1875, p. 399—450; vgl. die streng mathematische Ableitung der Formeln bei Boussinesq in den Mémoires de l'Acad. des Sciences, vol. XX, Paris 1872, p. 509—615. (S. auch den Artikel über Gezeitenbeobachtungen.)

Es liegt in der Natur der Sache, dass Wellenbeobachtungen nur genäherte Werthe ergeben können und auch bei regelmässig entwickelter See wird erst das Mittel aus 10 Werthen ein hohes Maass von Verlässlichkeit erhalten. Doch ist es erwünscht, auch die Maasse jeder einzelnen Welle mitzutheilen, denn die Seeleute aller Zeiten haben behauptet, dass in ziemlich regelmässiger Folge grössere Wellen in eine Serie kleinerer eingeschaltet sind.

Nach Ansicht der römischen Schriftsteller wurde im Alterthum jedesmal die zehnte Welle für die höchste gehalten, am deutlichsten bei Ovid, Tristium lib. I, 2, 47—52:

> qui venit hic fluctus, fluctus supereminet omnes:
> posterior nono est undecimoque prior.

Bei den Griechen (z. B. bei Plato) spielt eine Gruppe von je 3 Wellen, die Trikymie (das „Dreigewelle“) genannt, welche grösser sind als viele anderen vorher und nachher, eine grosse Rolle.

In der Ostsee kennen die Fischer ebenfalls eine solche Trikymie, welche sie „die Mutter mit den beiden Töchtern“ nennen. An Küsten mit starker Brandung gilt bald die fünfte, bald die siebente Welle als die höchste (la capitana an der Westküste von Centralamerika, nach K. von Seebach). Sind solche Gruppirungen von Wellen auch in den offenen Meeren zu erkennen? Sind sie durch besondere Höhe allein oder auch durch ihre Geschwindigkeit und Länge vor den anderen Wellen ausgezeichnet? Kommen sie eingeschaltet in die „Seen“ oder nur in der „Dünung“?

Erwünscht sind Beobachtungen über die Tiefe, bis zu welcher die Wellenbewegung hinabreicht: Letztere ist im flachen Wasser, wie die Theorie zeigt, eine andere als in tiefem Wasser, indem die Wassertheilchen alsdann mehr ein horizontales Hin- und Herschieben zeigen. Ist letzteres bei Taucherversuchen zu erkennen? Wie gross ist die Amplitude der Schwingung in der Tiefe? Besonders erwünscht ist es festzustellen, ob in der Tiefe die Wellengeschwindigkeit geringer ist als an der Oberfläche oder dieser gleich ist, wie aus Experimenten im Kleinen entnommen wird.

Für solche Beobachtungen giebt Aimé einen originellen Apparat an: Ann. de chémie et de physique V, 1842, p. 417 und Poggendorff's Annalen 1842, Bd. 57, S. 584.

Einen Anhalt, wie tief die Wellenbewegung hinabreicht, gewährt das Verhalten der Wellen über Bänken, welche sich aus sonst sehr tiefem Wasser erheben: schon Untiefen von 400—500 m sollen ein Anwachsen der Wellenhöhe bemerkbar werden lassen, so (nach Kapt. Tizard) der Thomsonrücken zwischen Schottland und Island, die Neufundlandbank, die Bänke östlich von Kap Horn und Staten I. (nach James Clark Ross) und auch die Agulhasbank.

In welcher Wassertiefe branden die Wellen? Es ist mehrfach behauptet (s. Cialdi, sul moto ondoso del mare, Roma 1866, § 542—589) dass dies schon bei Tiefen von mehr als 20 m, in Einzelfällen bis 70 m geschehen kann. Ist solches der Fall, oder geschieht es nur, wenn die Wellen gegen starken Gezeitenstrom auflaufen müssen? Nach der Theorie branden die Wellen am Strande dann, wenn die Wassertiefe gleich der ganzen Wellenhöhe wird. Ist das der Fall?

Eine Anzahl interessanter Probleme gewährt die Entstehung und Umformung der Wellen durch den Wind.

Auf kleineren Wasserflächen entstehen die kleinsten Wellenrippchen erst dann, wenn nach einer Stille der sich erhebende Wind eine bestimmte Stärke überschreitet; nach Scott Russell eine halbe Meile stündlicher Geschwindigkeit oder 0,22 m in der Secunde. Ist dieses Maass zutreffend?

Wie wächst die Wellenhöhe bei zunehmender Windstärke? Lässt sich ein festes Verhältniss zwischen einer gegebenen Windstärke und dazu gehöriger Wellenhöhe feststellen oder steigert sich letztere auch weiter, wie die Theorie wahrscheinlich macht, wenn der Wind mit gleicher Stärke anhaltend weiter weht. Ist die von Airy theoretisch gewonnene Behauptung, dass die Wellen so lange überfallende Schaumkämme zeigen, als sie die der herrschenden Windstärke angemessene Höhe noch nicht erreicht haben, thatsächlich begründet? — In welchem Maasse nimmt die Wellenhöhe ab bei schwächer werdendem Winde? Nach Pâris steigt und fällt die Wellenhöhe sehr schnell mit sich verstärkendem bezw. abschwächendem Winde.

Wie verhält sich die Wellenlänge bei zunehmender Windstärke? Nach Pâris wächst sie anfangs viel weniger als die Wellenhöhe, dann schneller und stetiger, sodass bei tagelang anhaltender steifer oder stürmischer Brise die Wellenlänge ganz enorme Dimensionen erreichen kann, während gleichzeitig die Wellenhöhe nur unbedeutend zu wachsen scheint. Ist das begründet?

Die Geschwindigkeit der Welle wächst nach Pâris bei zunehmender Windstärke schrittweise und sehr gleichmässig an. Nach demselben Beobachter soll bei abnehmender Brise die Geschwindigkeit und Länge, also auch die Periode, der Wellen sich sehr lange nahezu unverändert erhalten. Obwohl diese Behauptung durch die Eigenschaften der Dünung (grosse Länge und Geschwindigkeit, bei relativ geringer Höhe) unterstützt scheint, wäre es sehr erwünscht, die Beobachtungen gerade auf diesen Punkt zu richten. An einem Strande, der von der Dünung eine starke Brandung erhält, ist die Periode der Wellen ausserordentlich leicht zu beobachten; sie bleibt ganz unverändert, wie die Theorie zeigt, wenn die Wellen auf den flachen Strand auflaufen. Dr. Pechuel-Lösche fand die Periode der Kalemawellen an der Loangoköste zwischen den Werthen von 6 und 24 Secunden schwankend, die grosse Mehrzahl der Roller folgte sich aber in Zeitintervallen von 12 bis

20 Secunden und verrieth so ihre Abstammung aus dem stürmischen Gebiet der südatlantischen Westwinde. Denn die Seen im Passatgebiet haben nach Pâris eine mittlere Periode von 5 bis 10 Secunden.

Wenn wir nunmehr im Folgenden kurz einige Daten zusammenstellen über die grössten Dimensionen, welche oceanische Wellen erreichen können, so sei nochmals betont, dass es sich hierbei immer nur um einfache, nicht durch Ueberlagerung verschiedener Systeme erzeugte Wellen handelt.

Die längsten Wellen hat der französische Admiral Mottez im Atlantischen Ozean, wenig nördlich vom Aequator in ca. 30° W.Lge. gemessen: es war eine Dünung von 23 Secunden Periode und 824 m Länge, also fast einer halben Seemeile; James Clark Ross maass unweit des Caps der guten Hoffnung Wellen von 580 m Länge bei 7 m Höhe, und im Biskayischen Golf sind mehrfach Längen von 400 m gemessen; über 400 m waren auch die längsten von Pâris gemessenen Wellen lang (im südlichen Indischen Ocean).

Die grössten Wellenhöhen, welche wirklich gemessen, nicht geschätzt worden sind, haben bei den Azoren französische Seeofficiere constatirt, nämlich 13 bis 15 m; 13 m hohe Sturmwellen maass auch Scoresby mitten zwischen Neufundland und Irland; die grössten Höhen, welche Pâris fand, überstiegen 11.5 m nicht (ebenfalls im südlichen Indischen Ozean), während die Challenger-Expedition bei ihrer Weltumsegelung niemals über 7 m Höhe fand.

Nachstehende Tabelle (nach Pâris) mag zeigen, wie weit die mittleren Werthe hinter den ausserordentlichen zurückbleiben.

Meerestheile:	Geschwindigkeit: (Seem. pro Stunde)	Geschwindigkeit: Meter pro Sec.	Länge (Meter)	Periode (Sec.)	Höhe (Meter)	Verhältnis der Wellenlänge zur Höhe
Atlantisch. Passatgebiet	22,0	11,2	65	5,8	1,9	35,2
Indisches „	24,5	12,6	96	7,6	2,8	35,3
Südatlant. Westwinde	27,0	14,0	133	9,5	4,3	31,0
Indische „	29,0	15,0	114	7,6	5,3	21,5
Ostchinesisches Meer	22,2	11,4	79	6,9	3,2	24,6
Westpacifisches „	24,0	12,4	102	8,2	3,1	33,0

III. Stehende Wellen.

In einigen abgeschlossenen Meerestheilen, Golfen, Baien, Strassen, auch wohl an oceanischen Flachküsten, sind hier und da regelmässige Niveauschwankungen von relativ geringer Amplitude constatirt, welche aber den Anwohnern sehr wohl geläufig sind. Die Periode dieser Niveauschwankungen ist zu kurz, um mit dem Gezeitenphänomen unmittelbar in Beziehung gesetzt zu werden, denn sie beträgt höchstens 1 bis 2 Stunden, meist nur Bruchtheile einer Stunde; sie ist aber wieder zu lang, um von dem gewöhnlichen Seegang der Meere abhängig zu sein; endlich ist das Phänomen viel zu häufig, als dass man ihm Erderschütterungen zu Grunde legen könnte. Gegenwärtig neigt man dahin, diese rhythmisch wiederholten Niveauschwankungen als „stehende Wellen" aufzufassen, einer Form der Schwingung, welche von den Brüdern Weber entdeckt und ihrer „Wellenlehre" (1825) ausführlich beschrieben ist. Namentlich die Untersuchungen des Genfer Physikers Forel über derartige Schwankungen der Schweizer Seen, die als Seiches altbekannt waren (Archives des sc. phys. vol. 63, Genève 1878, p. 113 f.) haben die Wellennatur dieser Erscheinung fast zur absoluten Gewissheit erhoben. Da die stehenden Wellen von den Dimensionen des mit der schwingenden Flüssigkeit erfüllten Gefässes abhängig sind, lässt sich bei gegebener Länge und mittlerer Tiefe des letzteren die Periode einer halben Schwingung berechnen nach der von Merian gegebenen Formel für den Fall, dass der Durchmesser l im Vergleich zur Wassertiefe p sehr gross ist, zu

$$t = \frac{l}{\sqrt{g\,p}}$$

wo g die Beschleunigung der Schwere bedeutet. Sobald hingegen das Verhältniss p zu l einen grossen Bruch giebt, muss die Formel

$$t^2 = \frac{\pi\, l}{g \cos 2\,\psi}$$

angewendet werden; wo der Hilfswinkel ψ aus

$$\operatorname{cotg} \varphi = e^{\frac{\pi p}{\lambda}}$$

gefunden wird (e = Basis der nat. Logar).

Die Zeit t gilt hier für die uninodale Schwingung; Forel und Sarrasin vermochten daneben auch binodale Schwingungen im Genfer See nachzuweisen mit der Periode $\frac{1}{2}$ t (eine n-nodale Schwingung würde in der Zeit $\frac{1}{n}$ t erfolgen): nämlich in der Längsaxe des Sees ausser zu 73 auch zu 35.6 Minuten.

Forel wollte auch die Strömungen in der schmalen Strasse des Euripus zwischen Euböa und Böotien, die seit dem Alterthum wegen ihrer Unregelmässigkeit als unlösbares Räthsel galten, zum Theil auf stehende Schwingungen des Golfes von Talanti zurückführen, welche zur Zeit der Quadraturen auftreten und nach den Dimensionen des schmalen Golfes eine Periode t = 122 bis 86 Minuten ergeben würden, was zu dem 11- bis 14maligen Stromwechsel unter der Brücke von Negroponte passen würde. Zur Zeit der Syzygien dagegen bewirken die Springfluthen des Aegäischen Meeres einen viermaligen Stromwechsel des Tages. Darauf bezügliche systematische Beobachtungen wären im höchsten Maasse erwünscht.

Andere hierher gehörige Phänomene sind zunächst aus dem Mittelmeergebiet bekannt:

1) in Malta die von Airy daselbst in den Aufzeichnungen des Fluthpegels entdeckte rhythmische Schwingung von ca. 21 Minuten Periode und 20—30 cm Amplitude (Phil. Transactions vol. 169, 1878, p. 136 f.);

2) im Hafen von Algier die von Aimé gefundene bei Nordwinden auftretende Niveauschwankung, deren ganze Periode 1 bis 3 Minuten, deren Amplitude 0,5 bis 1 m beträgt (Poggendorffs Annalen 1842, Bd. 57, S. 590) und welche den im Hafen ankernden Schiffen nicht selten Schaden zufügt.

3) das an der West- und Südküste Siciliens von Trapani bis Syracus, namentlich in Mazzara besonders häufige Marrobbio, welches Theobald Fischer zuerst ausführlich beschrieb (Beitr. zur phys. Geogr. der Mittelmeerländer S. 92—96). Dieses sicilianische Marrobbio gilt als Vorläufer des Scirocco und scheint dem im Hafenbecken von Algier vorkommenden Phänomen sehr ähnlich. Periode und Amplitude der Schwingung sind noch unbekannt.

Es scheint, als wenn auch an den Küsten des atlantischen Oceans im Golf von Bristol Schwingungen von 7—10 Minuten Periode und die in den nordspanischen Häfen sehr lästige, aber so

gut wie ganz unbekannte Resaca (Annalen der Hydrogr. 1875, S. 161) ebenfalls auf stehenden Wellen beruht.

Dieser Hinweis mag zur Aufmerksamkeit auf derartige Schwingungen des Wasserniveaus von ähnlicher Periode anregen. Die Beobachtungen haben sich zu richten: auf die Periode, die Amplitude der Schwankung, die Dauer der ganzen Störung, welche bald nur mehrere Stunden, bald mehrere Tage umfassen kann, ferner auf die begleitenden Witterungszustände: ob Sturm vorherging oder folgt, namentlich ob Böen oder Gewitter vorkommen, wie das Barometer sich verhält, ob Erderschütterungen am Orte oder in der Umgebung häufig sind. Zu allen diesen Beobachtungen sind besondere instrumentale Ausrüstungen nicht erforderlich. Die erste Orientirung, ob solche Schwingungen vorkommen, gewährt eine Einsicht in die Aufzeichnungen guter selbstregistrirender Flutpegel, wo solche vorhanden sind. Ebenso sind Erkundigungen bei den Küstenanwohnern, Hafenbeamten, Lootsen und Fischern nicht zu unterlassen. Vermuthlich hat das Phänomen eine sehr viel grössere Verbreitung, als sich bis jetzt übersehen lässt.

IV. Die Farbe des Seewassers.

Untersuchungen über die Farbe des Seewassers im reflectirten Licht sind sehr selten, obwohl schon A. von Humboldt bei seiner Ueberfahrt nach Amerika solche anstellte. Er bediente sich dabei des von Saussure angegebenen Kyanometers, welches ursprünglich zur Messung der Himmelsbläue bestimmt war und aus 53 radial am Rande einer Scheibe angeordneten Glasstreifen von ebensoviel verschiedenen Nummern von Blau bestand. Seitdem haben indess die spärlichen vorliegenden Beobachtungen sich keiner so exacten Methode wieder bedient, sondern sich mit einer Beschreibung der Wasserfärbung in Worten begnügt; auch diese sind schon genügend und wissenschaftlich interessant, wenn nur Consequenz in dem Gebrauch der Worte (azur. ultramarin, oder apfelgrün, flaschengrün, ostseegrün etc.) geübt wird.

Nach den Beobachtungen der Gazelle-Expedition scheint eine Beziehung zwischen Salzgehalt und Wasserfarbe vorzuliegen, insofern im Allgemeinen stark salziges Wasser blau, schwach salziges grün gefunden wurde.

Capt. Mensing fand im Perustrom einen Zusammenhang zwischen Wasserfarbe und Temperatur: das kältere Wasser zeigte die grünen, das wärmere die blauen Töne, die Grenze zwischen dem Grün und Blau lag anscheinend zwischen 18° und 21° C. Systematische Beobachtungen hierüber wären sehr erwünscht.

Nach Tyndall treten die grünen Töne in solchem Wasser auf, welches nicht frei ist von schwebender Trübe, weshalb im küstennahen Wasser über geringen Meerestiefen grünliche, im tiefen Wasser der hohen See bläuliche Nüancen vorherrschen. Darnach bestehen also Beziehungen zwischen Farbe und Durchsichtigkeit.

Abnorme Färbungen, milchweisse, rothe, braune, gelbe, auch tintenschwarze, pflegen meist auf Beimengung von organischen Körpern (Algen, Larven, auch kleinen Krebsen) zu beruhen, was durch Aufnahme einer Wasserprobe und Untersuchung derselben (wenn nöthig unter Loupe oder Mikroskop) leicht festzustellen. Man versäume nicht, den Schiffsort, Wind und Wetter, Wasser- und Lufttemperatur und etwa erkennbare Anordnung des missgefärbten Wassers in Streifen oder vereinzelten Flecken zu notiren.

V. Die Durchsichtigkeit des Seewassers

beobachte man auf hohem Meere vorzugsweise bei wenig oder gar nicht bewegter See, also z. B. auf einem Segelschiffe bei Windstille, indem man einen weissen Gegenstand von nicht zu kleiner Fläche (ein weisser Porcellanteller genügt dazu) versenkt und feststellt, in welcher Tiefe er unsichtbar wird. Luksch und Wolff (in Attlmayr's Oceanographie Bd. I., S. 368) empfehlen Scheiben von mindestens 36 cm, womöglich bis zu 2 m Durchmesser, aus Segeltuch über Eisenrahmen und weiss lackirt, die auch in hoher See an Bord nicht unbequem zu handhaben waren. Kleinere weisse Flächen erlitten schon in Folge der geringsten Wellenbewegung eine störende Verzerrung oder Zerreissung ihres Bildes in Tiefen, welche bei Weitem noch nicht an der Grenze der Sichtweite lagen. Die Versenkung des weissen Körpers erfolge stets von der Schattenseite des ruhig liegenden Schiffes, indess darf natürlich der von dem letzteren ausgehende Schattenkegel die Scheibe nicht

auch in der Tiefe treffen. Luksch und Wolff fanden übrigens bei hohem Sonnenstande schon einen grossen Sonnenschirm, wie ihn die Topographen führen, zur Aufhebung des Spiegels an der Wasseroberfläche völlig ausreichend, wenn die Beobachtung von einem Boote oder an der Sonnenseite des Schiffes angestellt werden musste. Der Beobachter selbst sei der Meeresoberfläche möglichst nahe, so dass sich das Auge nicht mehr als 3 oder 4 m über Wasser befindet. Arago's Rath, von einem möglichst hohen Standorte, etwa von der Takelung aus zu beobachten, bewährte sich nicht. Es muss ferner der Grad der Bewölkung notirt und die scheinbare Höhe des Sonnenmittelpunktes über dem Horizont (nicht über der Kimm) ermittelt werden. Ueber die Reduction der Beobachtungen vgl. Attlmayr's Oceanographie Bd. I., S. 372.

Während auf diese Weise die Länge des Weges gefunden wird, welchen die Sonnenstrahlen im Seewasser von der Oberfläche bis zur Scheibe und von dieser reflectirt wieder zur Oberfläche bis zum Auge des Beobachters zurücklegen, ohne gänzlich unterwegs absorbirt zu werden, bedienten sich Genfer Physiker zuerst in systematischer Weise photographischer Platten von grosser Empfindlichkeit, die in die Tiefe versenkt automatisch sich den Lichtstrahlen exponirten (vgl. die Beschreibung des Apparats in Comptes rendus t. 99, Paris 1884, p. 784; t. 100, 1885, p. 991).

Forel versenkte dieselben im Genfer See, Fol und Sarrasin im Mittelmeer bei Nizza. Diese Apparate geben natürlich die Tiefe, bis zu welcher die chemisch wirksamen Lichtstrahlen (die violetten und ultravioletten) vordringen; für die Organismen im Allgemeinen, jedenfalls aber für die chlorophyllführenden Algen sind aber gerade die rothen und gelben Strahlen des Spectrums die wichtigsten und diese werden offenbar schon sehr nahe der Oberfläche absorbirt. In welcher Tiefe, ist noch nicht untersucht.

Auch ohne Apparate solcher oder anderer Art kann ein aufmerksamer Beobachter die Durchsichtigkeit des Meereswassers characterisiren durch Angabe der Meerestiefe, in welcher noch helle oder farbige Gegenstände am Meeresgrunde erkennbar waren. Natürlich eignet sich das durch den Schiffsverkehr aufgerührte Wasser frequenter Seehäfen und Rheden dazu nicht. Namentlich im Gebiete tropischer Korallenbauten dürfte zu solchen Untersuchungen häufig Gelegenheit geboten sein.

Andeutungen für die Beobachtung des Verkehrslebens der Völker.

Von

Moritz Lindeman.

Das Studium des Verkehrslebens eines bestimmten Volkes und Landgebiets ist an sich interessant und eröffnet Einblicke in den Culturzustand überhaupt. Dasselbe ist denn schon bisher, je nach dem Zweck und den Aufgaben, die verfolgt wurden, sowie nach persönlicher Veranlagung und Neigung in den Werken und Schilderungen von Reisenden mehr oder weniger berücksichtigt worden. Heutzutage kommen nun aber auch die Beziehungen solchen Verkehrs zum Weltverkehr in Betracht, denn bei dem engmaschigen Netz von Nachrichten, welches die Post und der Telegraph um die ganze Erde spannen, bei der vielgegliederten Vertheilung von Gütern nach allen Richtungen der Windrose zu Land und zu Wasser ist kaum eine Gegend, kaum ein Volk so abgelegen, dass nicht durch die dortigen Verhältnisse der Strom des Weltverkehrs auf irgend eine Weise, entweder abgeleitet, verlangsamt, gestört, unterbrochen oder gefördert und bereichert werden könnte. Aus diesem Gesichtspunkte gewinnt das Verkehrsleben eines Volkes noch an Bedeutung und erhält für die Beobachtung des Reisenden einen höheren Werth.

In der That giebt es auf den Landfesten der Erde nur noch wenige grössere Räume, wo der Pulsschlag des Weltverkehrs nicht wenigstens mittelbar gespürt wird: wir finden sie im Inneren der grossen Continente von Afrika, Südamerika, allenfalls auch Asien und in den Polarregionen. Es sind dies entweder Gebiete, welche, wie die noch unbekannten Strecken im Inneren von Afrika, bisher nicht einmal der Fuss des Entdeckers betreten

hat, oder solche, wo eine Anzahl weit verstreuter Volksstämme, durch Fischfang, Jagd und etwas Ackerbau ihre geringen Bedürfnisse befriedigend, den Verkehr mit der Aussenwelt bisher vermieden, ja vielleicht scheuten, oder endlich solche, wo, wie am Pole, in Wüsten, auf unfruchtbaren wasserlosen Hochebenen, Klima wie Bodenverhältnisse feste Ansiedlungen erschwerten und dem von den Bedürfnissen der Nothwendigkeit abhängigen Menschen ein Nomadenleben auferlegten, bei welchem sich ebenfalls Abneigung und Scheu vor dem Verkehr mit der Aussenwelt entwickelte. Dennoch durchziehen zu bestimmten Zeiten Karawanen mit Waaren auch jene Wüsten und unfruchtbaren Hochebenen, das Schiff des Walfängers dringt zu den eisigen Gestaden des Nordmeers und bereichert das dürftige Leben des Polarmenschen durch Werkzeuge und Waffen, welche die Industrie der Culturwelt lieferte, somit stehen auch jene Vereinsamten nicht völlig ausser Verkehr mit der civilisirten Menschheit.

Der Reisende, welcher sich in einem europäischen Hafen auf einem der grossen Dampfer, die nach den verschiedensten Richtungen den maritimen Weltverkehr unterhalten, einschiffte, in der Absicht, irgend ein fernes noch gar nicht oder nur unvollkommen durchforschtes Land zu erreichen und zu durchziehen, wird durch Augenschein und Erfahrung die Entwickelungsstufen, welche der Verkehr der civilisirten Völker in Jahrhunderten durchgemacht hat, ehe er seine heutige Höhe und Ausbildung erreichte, in umgekehrter Reihe kennen lernen. Ein Kurierzug bringt ihn mit der Fahrgeschwindigkeit von 8 deutschen Meilen in der Stunde zum Hafenplatz. Unterwegs erfreute er sich aller Bequemlichkeiten, auf den Stationen standen Post und Telegraph zur Abgabe von Nachrichten zur Verfügung.

Die Einschiffung geht mit der grössten Leichtigkeit und Schnelligkeit vor sich, der Postdampfer bietet mit seinen eleganten Salons, seinen luftigen Schlafkabinen, der trefflichen Verpflegung und aufmerksamen Bedienung dem Reisenden das behaglichste Dasein und die Seereise selbst geht, von ausserordentlichen Zufällen abgesehen, gestützt auf die moderne Nautik und die Vervollkommnungen der oceanischen Dampfschifffahrt, mit grosser Sicherheit und Regelmässigkeit vor sich. Eine kurze Frist nach Ankunft im fremden Lande und er sieht den Verkehr, wie er vor vielen Jahrhunderten in Europa war, in den dürftigsten Anfängen, nur den nächsten Bedürfnissen mit den rohesten Mitteln

dienend, in engen Grenzen, auf verschiedene Art belastet, erschwert und bedroht.

Solche Gegensätze fordern von selbst zur Beobachtung der Natur des Verkehrs und seiner Bedingungen auf. Schon bei der Ankunft in dem überseeischen Hafen bietet sich Stoff zu mancherlei Verkehrsstudien. Zu diesen würden z. B. Ermittelungen in Betreff der Geräumigkeit, Tiefe und sonstigen Beschaffenheit des Hafens, die beabsichtigten oder in Ausführung begriffenen Anstalten zur Verbesserung desselben, die Art und Weise des Löschens und Ladens der Güter, die Güter- und Schiffsbewegung im Hafen und ihre Belastung durch Zölle und Hafenabgaben, die Wasser- und Landverbindungen, mittelst deren dem Hafen die seewärts auszuführenden Erzeugnisse des Landes zugeleitet und die zur See ankommenden Güter in das Innere vertheilt werden, endlich die Frage nach den in dem Hafen gebietenden staatlichen Behörden, Fürsten, Häuptlingen gehören.

Wenn etwa der Reisende nun noch von dem grösseren Seehafen auf einem kleineren Schiff, einem Dampfer oder einheimischen Segler nach einem andern Ort an der Küste oder nach einer der letzteren vorgelagerten Insel fährt, so entstehen neue Fragen: nach der Beschaffenheit des Fahrzeugs, der Art der Bemannung und Führung desselben, nach dem Umfang des Küstenverkehrs und nach dem Güteraustausch, welchen er vermittelt, welchen Einfluss die Einführung der Dampfschifffahrt auch hier übte und wie sie namentlich den Verkehr an der Küste und in das Innere hinein änderte u. A.

Endlich betritt der Reisende zur Ausführung seiner Forschungsreise das Land. Er rüstet sich mit einer eignen Karawane in's Innere zu ziehen, oder er schliesst sich etwa einem nach dem Inland aufbrechenden Handelszug an, vielleicht kann er noch eine Strecke zu Wasser landeinwärts vordringen; nun eröffnet sich ein Beobachtungsfeld auch in Betreff des Verkehrs im Lande. Es entstehen Fragen, wie z. B. die folgenden: Welche Flüsse werden für den Güter- und Personenverkehr benutzt und bis wie weit in's Innere? Ist dieser Verkehr ein einigermaassen geregelter und welches sind zu verschiedenen Jahreszeiten die wichtigsten Waaren? Ist die Schifffahrt durch Stromhindernisse, als: Wasserfälle und -schnellen, Untiefen, treibende Gegenstände u. A. und ist sie ferner durch Zölle erschwert oder bedrohen die Uferbewohner den Stromverkehr? Welches sind die für den Verkehr,

dessen Leichtigkeit oder Möglichkeit in Betracht kommenden Witterungsverhältnisse (Regenzeit und trockene Zeit)? Auch hier kommt für den schnelleren oder langsameren Fortgang der Flussfahrt die Beschaffenheit der Fahrzeuge, deren Bemannung und Führung in Betracht. Giebt es eine Art Postwesen oder wenigstens Anfänge dazu in gewissen regelmässigen Verbindungen im Inneren des Landes oder aus dem Inneren zur Küste, die etwa durch Boten oder von Zeit zu Zeit wiederkehrende Waarenzüge vermittelt werden? Giebt es Strassenanlagen aus älterer oder neuerer Zeit? Wie baut, wie unterhält man sie? Welcher Art sind die Uebergänge über Flüsse? Bestehen Einrichtungen für Unterkunft, Schutz und Verpflegung des Reisenden?

Die Art und Weise, wie man in einem Lande Personen, Güter (Waaren), Briefe und sonstige Botschaften mit Boten, Lastträgern, auf Reit- und Lastthieren verschiedener Art, auf von Thieren gezogenen Wagen, auf Schiffen und Flössen befördert, die grössere oder geringere Schwierigkeit, Häufigkeit und Regelmässigkeit, mit welcher dies geschieht, sind naturgemäss von geographischen und klimatischen Bedingungen abhängig. Für die Richtung, welche der Verkehr eines Landes nimmt, sind zunächst die topographischen Verhältnisse von entscheidender Bedeutung, also namentlich die Beschaffenheit des Bodens, dessen grössere oder geringere Benutzbarkeit zu natürlichen oder mit geringer Mühe und mit leicht zu beschaffendem Material vollends herzustellenden Verkehrsstrassen, die wenigstens den grössten Theil des Jahres gangbar sind, die Höhe und Erstreckung der vorhandenen Gebirge und die Möglichkeit, sie an einem oder mehreren Punkten durch Pässe, Einschnitte, Scharten, Thäler zu überschreiten; vor Allem aber kommen die Zahl, Länge und Vertheilung der Gewässer und die natürlichen Bedingungen, welche diese der Schifffahrt bieten, in Betracht, wobei der Anschluss an gute Seehäfen und die Zugänglichkeit der unteren Flussstrecken für kleinere Seeschiffe noch besonders in's Gewicht fallen.

Ein Beispiel günstigster Naturbeschaffenheit eines Landes für den Binnenverkehr zu Wasser und zu Lande und den leichten Anschluss desselben an den Seeverkehr bot England, mit vielen günstigen Naturhäfen, tief in's Land schneidenden Föhrden, zahlreichen Flüssen und Flüsschen, in denen eine hohe Fluthwelle die einlaufenden Seeschiffe noch eine bedeutende Strecke weit von der Mündung aufwärts trägt und wo sich leichte und be-

queme Verladung seewärts bot, wo ferner durch die Beschaffenheit des Terrains, durch das Fehlen hoher Gebirge die Herstellung künstlicher Bahnen zu Wasser und zu Lande in Canälen, Landstrassen, später Eisenbahnen erleichtert war.

Das Klima kommt als weiterer Factor für die natürlichen Verkehrsbedingungen in Betracht. So begünstigte z. B. das Vorherrschen gewisser Winde zu bestimmten Jahreszeiten, die Monsune, der Passat; die letzteren — von den Engländern bezeichnender Weise Verkehrswinde, trade-winds, genannt — die oceanische Schifffahrt nach gewissen Richtungen, und musste dies daher für die Entstehung maritimer Handelsstrassen von grösster Bedeutung sein. In ausgedehnten Gebieten der kalten und der nördlichen gemässigten Zone, z. B. des russischen Reichs und Canadas, wo bei spärlicher Bewohnung und geringem Anbau nur erst wenige gute Landstrassen sich vorfinden, erzeugt der lange Winter eine Ströme, Sümpfe und Festland in gleicher Weise belegende Decke, auf welcher sich der Verkehr — ein gewisser Ersatz für die lange Zeit im Jahr geschlossene Schifffahrt — schnell und mühelos nach den verschiedensten Richtungen bewegen kann, — im Gegensatz zu der übrigen Zeit des Jahres, wo grosse Dürre oder anhaltende Regengüsse die ohnehin schlechten Wege verderben oder furchtbare Stürme Reiter und Gefährt bedrohen.

In den Tropen unterbricht die sengende Sonne wenigstens zeitweilig die Verkehrsbewegung auch da, wo nicht undurchdringliche Wälder, Sümpfe oder schroffe Hochgebirge hemmend dazwischentreten, die Regenzeit macht das Reisen zu bestimmten Zeiten im Jahre überhaupt unmöglich.

Die Naturbeanlagung und der Charakter des Volks oder der Stämme, welche das Gebiet bewohnen, sind dafür entscheidend, wie die eben bezeichneten, von der Natur gebotenen Bedingungen für die Entwickelung eines Verkehrs benutzt wurden. Ist das Volk ein friedliches, Ackerbau und Gewerbe treibend, geneigt und begabt zu Handel und Verkehr mit Nachbarvölkern, so wird es die natürlichen Verkehrsbedingungen sich bald zu nutze gemacht, die sich darbietenden natürlichen Hindernisse, so weit seine Kräfte reichen, beseitigt haben. Die mehr oder minder vollkommene Bildung von Staaten oder staatsähnlichen Organisationen, sowie deren Halt und Dauerbarkeit sind dabei von grösstem Einfluss, indem eine anerkannte kräftige Staatsgewalt dem Verkehr, wie dem Lande überhaupt, die unentbehrliche Sicherheit und

Schutz des Eigenthums gewährt, die Beraubung der Karawanen, der Waaren- und Personenzüge hindert oder durch nachdrückliche Bestrafung erschwert, vielleicht selbst positiv zu Gunsten des Verkehrs durch Herstellung von Strassen, Brücken u. A. vorgeht. Andererseits können Staaten, Häuptlinge, Gemeinden den Verkehr künstlich hemmen, indem sie ihn durch ein Uebermass von Controle und Abgaben belasten. Solches ist beispielsweise in China bezüglich der Binnenzölle, der bekannten Lekis, der Fall. In manchen Theilen West-Afrikas sind es die Küstenstämme, welche den Verkehr zwischen den europäischen Niederlassungen an der Küste und dem Inneren monopolisiren und so die Entwickelung eines directen Handels mit dem Inneren hindern.

Wie nun aber auch die Verkehrsstrassen und ihre Richtung im Einzelnen durch die Beschaffenheit des Terrains und das Klima beeinflusst werden mögen, ihr Ausgang und Ziel ist und bleibt durch die Bedürfnisse der Völker bedingt und von ihnen abhängig. In erster Linie sind diese Bedürfnisse wirthschaftlicher Art. Für die Verführung und zweckmässigste Vertheilung unentbehrlicher Gegenstände des Verbrauchs, wie z. B. von Salz, wurden vom Ursprungs- und Fundort Strassen nach verschiedenen Richtungen geschaffen und der so entwickelte Verkehr förderte wieder den Austausch anderer Güter. Wir wissen, dass im Mittelalter der Austausch der Erzeugnisse des Nordens, von gedörrten Fischen und Fellen, gegen die Spezereien, Waffen und köstlichen Gewänder des Morgenlandes neue Seewege in's Leben rief und dass der reiche Gewinn, welchen dieser Handel abwarf, den beherzten Seefahrer vermochte, seine kühnen Pionierfahrten immer weiter auszudehnen und der Schifffahrt neue Bahnen zu erschliessen.

Noch heute bilden die Wal- und Seehundsjagden im Polarmeer, die Kabljaufänge auf den Neu-Fundlandbänken, die Perlenfischereien Unter-Kaliforniens, des indischen Oceans, der Torresstrasse und West-Australiens, die Wolle Argentiniens und Australiens, der Kaffee Brasiliens, der Thee und die Seide Chinas, der Gewürzreichthum des malayischen Archipels, die Kokospalme und die Kautschuk-Liane West-Afrikas und andere über die Erde verstreute Fundstätten von durch die Natur in reicher Fülle dargebotenen Werthgegenständen die Anlockungspunkte für den See- und Landverkehr in bestimmten Richtungen, wenn auch der letztere sich darauf, bei der Mannigfaltigkeit der erwachten Bedürfnisse auf der kaufenden wie verkaufenden Seite, nicht mehr ausschliesslich gründet.

Aber nicht allein die wirthschaftlichen Bedürfnisse, sondern auch Rücksichten der Landesvertheidigung haben in früherer Zeit bei der Entstehung der Verkehrsstrassen mitgewirkt und Heerwege geschaffen, die nun auch anderweitem Verkehr dienten. Endlich hat das religiöse Bedürfniss der Menschheit die Ausbildung eines Verkehrs in bestimmten Richtungen und Bahnen gefördert. Beispiele hiervon sind in der Vergangenheit die Kreuzzüge, in der Gegenwart die Pilgerfahrten nach Mekka und Lhasa (Tibet).

Bei der heutigen hohen Entwickelung des Verkehrswesens in Europa und Nordamerika sind jene ursprünglichen Einflüsse für die Schaffung von Verkehrsstrassen lange nicht mehr klar erkennbar und nach vielen Verschiebungen, welche die in steter Umgestaltung begriffenen wirthschaftlichen Verhältnisse bedingten, war es vor Allem das Eisenbahnwesen, welches die bisherigen Wege nicht überall beibehielt, sondern manche abänderte und neue schuf, und überhaupt ein neues, den Bedürfnissen der Gegenwart angepasstes Verkehrssystem in's Leben rief. Während es nun also in den altcivilisirten Ländern von Europa die Aufgabe des Historikers ist, aus den verschiedenartigsten Zeugnissen, Urkunden und Beweisstücken uns, ehe es zu spät, ein Bild der Verkehrszustände früherer Zeiten, ihres Werdens und Vergehens mit einiger Treue und Vollständigkeit zu zeichnen, ist es gerade dem Forschungsreisenden, der in neue, in unserem Sinn uncultivirte Länder dringt, gegeben, Verkehrszustände, wie sie ähnlich zu irgend einer früheren Zeit in Europa, noch heute gewissermaassen leibhaftig unter Einwirkungen, welche Klima, Volkseigenthümlichkeit, religiöse und politische Zustände bedingen, in voller Geltung bestehen, kennen zu lernen. Den aus dem Inneren des grossen afrikanischen Continentes zu den Küsten ziehenden Salz- und Elfenbein-Karawanen, den Mekkapilger-Fahrten zu Lande und zu Wasser aus Nordost-Afrika und dem Malayischen Archipel wird manche Erscheinung aus unserer vormittelalterlichen Zeit analog zur Seite zu stellen sein.

Auch die Umstände, welche die Entstehung von Verkehrsmittelpunkten, grossen und kleinen Märkten bewirkt haben, werden sich einfacher und leichter in rohen oder halbcivilisirten Ländern erkennen lassen. Wo ein Fluss zu passiren, oder Binnenwasserstrassen nach mehreren Richtungen sich öffneten, wo ein Wechsel der Fortschaffungsmittel, sei es bei dem Uebergang von Schiff-

zu Landbeförderung, oder aus der Ebene in steiles Gebirg, also Umladungen nothwendig waren, wo ein Mittelpunkt einer reich besiedelten Gegend, wo der Sitz des Häuptlings oder Fürsten des Landes, zu dem sich von Zeit zu Zeit tributpflichtige Vasallen begeben mussten, endlich wo Gegenstände religiöser Verehrung, ein Gnadenort die Gläubigen jährlich oder öfter versammelten, da war der Anlass zur Entstehung eines Ortes, eines Marktes gegeben, dessen Lage dann wieder auf Richtung und Erstreckung von Verkehrswegen nahe und ferne von Einfluss sein musste.

Die von der Natur gegebene Nothwendigkeit des Austausches von Gütern zur Befriedigung der verschiedenartigen Bedürfnisse auf dem Wege des Handels und Verkehrs musste, da sie eine dauernde war, zu ständigen Verbindungen, zur regelmässigen Vermittelung von Botschaften, Nachrichten und sonstigen Sendungen führen. Bei einem in festen Wohnsitzen lebenden, staatlich einigermaassen organisirten Volke musste das Bedürfniss des Ertheilens und Empfangens von Nachrichten und Botschaften auch aus anderen Rücksichten, nämlich denen der Leitung und Verwaltung des öffentlichen Wesens wie der Landesvertheidigung, sich geltend machen.

Wir wissen, dass die Culturvölker des Alterthums mehr oder weniger ausgebildete Einrichtungen hatten, welche als sehr beachtenswerthe Anfänge zu einem geregelten Postwesen zu bezeichnen sind. Zwar waren diese Einrichtungen nicht für die Zwecke eines allgemeinen Verkehrs geschaffen und benutzbar, sie dienten nur dem Herrscher, als dem alleinigen Vertreter des Staats. Diese Anfänge waren im grossen römischen Reich unter den Kaisern zu einem vollständig organisirten Postwesen, dem Cursus publicus, mit Stationen, Beförderung von Personen, Briefschaften und Päckereien gediehen, doch fehlte der Grundcharakter der heutigen Post, die Gemeinnützigkeit, die Benutzbarkeit der Anstalt für Jedermann; die römische Post diente nur den Kaisern, kaiserlichen Beamten, sonstigen amtlich beauftragten Personen und den für Staatszwecke bewirkten Gepäcksendungen. Es würde den Rahmen, welcher diesen Bemerkungen gesteckt ist, weit überschreiten, wenn hier über das Verkehrs- und Postwesen des Alterthums, überhaupt in früherer Zeit Näheres gesagt werden sollte, vielmehr sind diese historischen Andeutungen nur gegeben, um Vergleichspunkte bei der Erklärung etwa heute noch hie und da bestehender ähnlicher Urzustände des Postverkehrs zu bieten.

Unter den Trümmern des zusammengestürzten römischen Reichs war auch die unter der Herrschaft der Cäsaren begründete kaiserlich römische Post begraben und die rohe wilde Zeit der Völkerwanderung war bei dem häufigen Wechsel in der Uebermacht der einen und anderen Völkergruppe, bei der steten Verschiebung der Wohnsitze nicht geeignet, das Bedürfniss nach einer festen Einrichtung für die Beförderung von Nachrichten erstehen zu lassen. In einzelnen Fällen mögen von Heerlager zu Heerlager gegebene Feuerzeichen, Pfeilposten, Botenstäbe mit eingekerbter Runenschrift, ähnlich denen der heutigen wilden Australneger, bewaffnete Reiter die Friedens- oder Siegesbotschaft vermittelt haben. Erst im frühen Mittelalter finden wir in dem Botenwesen eine grossartige Schöpfung wieder, doch ging sie anfänglich nicht von Königen und Fürsten, sondern von Städten, Universitäten, Orden, Klöstern, von kaufmännischen Gilden und einzelnen grossen Kaufmannshäusern aus. Die letzteren hatten ihre berittenen Reisenden, welche von Zeit zu Zeit die zahlreichen Factoreien im Auslande besuchten und die Beförderung von Nachrichten vermittelten. Die Städtebünde hatten ihre eigne Botenpost. Auch das zahlreiche fahrende Volk des Mittelalters wurde zu Gelegenheitsbotschaften benutzt. Die Schwierigkeit und Unsicherheit des Fortkommens zu Wasser und zu Lande in mittelalterlicher Zeit bekundet das Geleitswesen. Festere Ausbildung der Staatswesen, friedlichere Verhältnisse, das immer stärker hervortretende Bedürfniss eines geregelten Verkehrs im Lande und von Land zu Land führte zur Schöpfung der Landespostanstalten, einer Einrichtung, mit welcher uns alte Culturreiche, wie Peru unter der Herrschaft der Inkas, Mexiko, die Araber unter den Chalifen und China in so weit vorangegangen waren, als dort, wie im grossen Römerreich, eine geregelte Postverbindung für Nachrichten, Päckereien und Personen im Interesse und Dienste der Regierung, jedoch unter Ausschluss der Benutzung für Privatzwecke, bestand, während in der modernen Entwickelung Europas die Landespost als eine gemeinnützige von Jedermann benutzbare Anstalt auftritt. Immerhin litt das Postwesen, ganz abgesehen von der einseitigen Pflege des damit verknüpften fiskalischen Interesses und von der Zersplitterung der Verwaltung — besonders im lieben deutschen Vaterlande — nach politischen Grenzen, an zahlreichen Uebelständen. Die Einführung der Mail coach in England, der Malleposte in Frankreich, der Eilpost in verschiedenen

deutschen Postgebieten, der um die Mitte vorigen Jahrhunderts in Deutschland begonnene Bau von Chausseen u. A., sind Marksteine des Fortschritts, der indessen in grossartiger, weltumgestaltender Weise erst mit dem Zeitalter des Dampfes in's Leben trat.

Es ist hier nicht der Ort, näher auf die ganze grossartige Entfaltung des wirthschaftlichen Lebens der Culturvölker in der Neuzeit näher einzugehen.

Selbst knapp gehaltene, doch nothwendiger Weise mit Zahlen ausgestattete Darstellungen der modernen Gütererzeugung und des internationalen Güteraustausches würden über das Ziel dieser Bemerkungen weit hinausgehen. Die Gütererzeugung bildet die Grundlage für den Aufschwung des Verkehrs und die Vervielfältigung und Vervollkommnung der Verkehrsmittel, die wiederum anregend und fördernd auf die wirthschaftliche Thätigkeit der Völker einwirken und es ist daher angemessen, hierüber an der Hand der relativ zuverlässigsten Aufstellungen, welche wir in einer Reihe von amtlichen Tabellen und Nachweisen, namentlich auch in den „Uebersichten der Weltwirthschaft" von Dr. von Neumann-Spallart (1883—84) finden, einige Angaben zu verzeichnen.

Als einer der wichtigsten und wirksamsten Hebel zur Schaffung und Förderung eines Weltverkehrs hat sich die im Jahre 1874 in Bern mit 22 Staaten erfolgte Gründung des Weltpostvereins, ein Werk unseres genialen Stephan, erwiesen. Der am 1. April 1879 in's Leben getretene Weltpostvertrag schuf innerhalb des seitdem stetig vergrösserten Vereinsgebiets an Stelle von 1200 internationalen Posttaxsätzen ein einheitliches Vereinsporto von 20 Pf. für den einfachen frankirten Brief. Es schlossen sich eine Reihe auf den von Zeit zu Zeit stattfindenden Weltpostcongressen vereinbarte Ermässigungen und Erleichterungen (in Beziehung auf Seetransitgebühren, Postkarten, Eilbestelldienst, Postpacketverkehr u. A.) an.

Gegenwärtig (1887) gehören dem Weltpostverein an: in Europa sämmtliche Staaten; in Asien 21 Länder, nämlich: Afghanistan, Annam, asiatisches Russland, asiatische Türkei, Belutschistan, Britisch-Indien, Ceylon, China, Cypern, Japan, Kambodscha, Kaschmir mit Ladakh, Korea, Persien, Siam, Tonkin, Britische Colonieen, Französische Colonieen, niederländische Colonieen, Portugiesische Colonieen, Spanische Colonieen; in Afrika: 15 Länder, nämlich: Algerien, Aegypten mit

Nubien und dem Sudan, der Kongostaat, Liberia, Madagaskar, Marokko, Tripolis, Tunis, Zanzibar, Britische Colonieen, Deutsche Schutzgebiete an der Westküste von Afrika, Französische Colonieen, Italienische Besitzung, Portugiesische Colonieen, Spanische Colonieen; in Amerika alle Staaten und Inseln; in Australien die britischen Colonieen, jedoch gilt die Weltpostvereinstaxe nur für die Beförderung mit deutschen Postdampfern auf dem directen Seeweg über Bremen; ferner das Königreich Hawaii (Sandwich-Inseln), das deutsche Schutzgebiet Kaiser-Wilhelms-Land, die Samoa- und Tonga-Inseln (mit derselben Einschränkung), die französischen Colonieen (Neu-Caledonien nebst Zubehör, die Marchesas-Inseln, Tahiti und die unter französischem Schutz stehenden Inselgruppen), der niederländische Theil von Neu-Guinea und die spanischen Colonieen des Marianen-Archipels.

Als Ergebnisse des Weltpostvereins seien hier einige wenige Zahlen angeführt. Für das Jahr 1865 schätzte man die Zahl der im Weltverkehr gewechselten Briefe auf 2300 Millionen; 1873 betrug diese Zahl 3300 Millionen und 1885 hatte sie die Höhe von 5600 Millionen bereits überschritten. Mit Hinzurechnung der Postkarten, Drucksachen und Zeitungsnummern steigt diese Zahl auf 11,320 Millionen Stück, somit bewegen sich täglich innerhalb des Gebietes des Weltpostvereines nahezu 31 Millionen Postsendungen!

Nach Erdtheilen geordnet betrug die Zahl der im Bereich des Weltpostvereins zur Post gegebenen Briefe: in Europa 1885: 3888 Millionen, in Asien 1883: $267^9/_{10}$ Millionen, in Afrika 1882/83: $22^7/_{10}$, in Amerika 1882/83: $1349^9/_{10}$, in Australien 1882/83: $93^1/_5$ Millionen. Man hat auch die Zahl der Briefe auf den Kopf der Bevölkerung berechnet, wobei gegenüber Grossbritannien, Schweiz, Belgien, Frankreich, den Niederlanden, Deutschland und Oesterreich ($57,_7$, 55, $46,_3$, $38,_9$, $37,_4$, $35,_6$ und $19,_9$), Spanien, Portugal, Griechenland, Russland und die Türkei die niedrigsten Ziffern aufweisen.

Den rechten Maassstab für die grossartigen Erfolge des Weltpostvereins, der in der That mit dem Worte Stephans zu reden „ein sichtbares Band der Einheit um alle civilisirten Nationen schlingt“, — würde man erst dann gewinnen, wenn man aus der Zeit, da weder Schrauben- noch Raddampfer die Meere durchfurchten, da es noch keine Eisenbahnen gab und kleine Segelschiffe zur See, wie auf der Landstrasse von Pferden gezogene Postwagen die einzigen

Beförderungsmittel waren, die bezüglichen Daten aus den mancherlei Postgebieten auch nur für Europa zur Hand hätte.

Ohne Eisenbahnen, Dampfschiffe und Telegraph wäre der eben angedeutete grossartige Weltpostverkehr nicht möglich gewesen und richten wir jetzt unseren Blick auf diese grossartigen Verkehrsmittel der Neuzeit. Das Dampfschiff war und ist hauptsächlich eine den Verkehr fördernde und vervielfältigende Kraft für internationale Beziehungen, wenn sie auch gleichzeitig dem Küsten- und Stromverkehr im Lande selbst dient, während die Eisenbahn zunächst den inneren Verkehr der Staaten umgestaltete und dann allerdings auch, im Anschluss an die Eisenbahnnetze der Nachbarstaaten, dem internationalen Landverkehr eine neue Gestalt verlieh. Der Charakter des Schienenwegs als Weltverkehrsvermittler tritt hauptsächlich in den grossen Durchfuhrrouten hervor; zwischen Paris und Konstantinopel verkehren Blitzzüge, von London nach Rom ist ein schneller und directer Personenverkehr eingerichtet und die innerhalb der einzelnen Staatsgebiete verkehrenden besonders raschen Züge sind so gelegt, dass sie in einander greifen und in der Regel der Uebergang der Passagiere ohne Zeitverlust möglich ist. Erst seitdem die Alpen an verschiedenen Stellen für den Schienenweg überbrückt oder durchbohrt sind, kann man von einem ganz Europa umfassenden Eisenbahnnetz sprechen. Die Fortschritte des Eisenbahn- und Lokomotivenbaues in der Ueberwindung grosser Steigungen hat auch in Südamerika zu bewunderungswürdigen Werken geführt: es sind dies namentlich die Bahn Callao—Lima—Oroya, die in den Anden bis zur Höhe von 4769 m steigt, aber freilich erst einen transandinischen Verkehr in's Leben rufen wird, wenn sie bis zum Madeira, dem Stromsystem des Amazonas, verlängert ist und sodann, ebenfalls in Peru, die Bahn Mollendo—Arequipa—Puno—Santa Rosas. Die erste die südamerikanischen Anden überbrückende und auch hier eine ununterbrochene Schienenlinie zwischen den Küsten des atlantischen und des grossen Oceans herstellende Bahn dürfte zwischen Chile und Argentinien in Betrieb gesetzt werden; der auf letzteres fallende Theil der Bahn reicht bereits bis in die Vorberge des Hochgebirgs, bis Mendoza und das fehlende, allerdings schwierig herzustellende Glied bis zum östlichen Endpunkt der chilenischen Bahnen, Santa Rosa, wird, schon in der Vorbereitung, über kurz oder lang hergestellt werden.

Der Bau von Ueberland-Bahnen von Küste zu Küste in den Vereinigten Staaten und Canada ist seit 1869, wo die Vollendung der ersten, der Union- und Central-Pacific, mit Recht überall in der Union als ein grosses Ereigniss gefeiert wurde, mächtig gefördert worden: gegenwärtig zählt man in Nordamerika solcher transcontinentaler Schienenverbindungen nicht weniger als fünf, deren Gesammtlänge auf 33000 km angegeben wird. Vom Süden ausgehend, haben wir zunächst die an mehreren Punkten an das mexikanische Eisenbahnsystem anschliessende Süd-Pacific von Neu-Orleans über San Antonio, El Paso, Benson, Arizona nach Los Angeles und San Diego in Californien; eine von St. Louis in zwei Abzweigungen ausgehende und in Albuquerque sich vereinigende Bahn, welche in ihrem südlichen Theil den Namen Atlantic- und Pacific-Bahn führt und neben einer Zweigbahn nach Los Angeles über Mohave San Francisco erreicht, drittens die älteste Bahn, von Chicago über Omaha nach Sacramento und San Francisco, viertens die im Sommer 1883 fertig gestellte Nord-Pacific-Bahn von Duluth am Oberen See zur Mündung des Columbia-Flusses bei Portland und von da zum Puget-Sund bei Olympia und Tacoma, endlich die canadische Pacific-Bahn durch Britisch-Nordamerika von Ottawa nach Vancouver, in ihrer ganzen Länge am 26. Mai 1887 eröffnet.

Da eine Besprechung der Handelsbewegung völlig ausserhalb des Rahmens dieser Bemerkungen liegt, so kann hier nur darauf hingedeutet werden, wie gewaltig umgestaltend diese grossen Ueberlandbahnen, deren Bau seine grösste Schwierigkeit in dem den Westen von Nordamerika in der Richtung von Nord nach Süd durchziehenden Felsengebirge fand, auf den Landverkehr und die Schifffahrt von den amerikanischen Gestaden des stillen Meeres west- und südwestwärts nach Ostasien und Australien wirken und wirken werden.

Gegenüber der Entwickelung des Eisenbahnwesens scheint diejenige der Schifffahrt von geringerer Bedeutung, sie ist es aber, was den internationalen, den Weltverkehr, dem sie in allererster Linie dient, betrifft, keineswegs. Vermöge der Dampfschifffahrt trat die Beförderung zur See der Beschleunigung des Landtransports durch Schienenwege und Dampfzüge ebenbürtig zur Seite. Die Verdrängung der Segelschifffahrt durch die Dampfer in den grossen Seewegen vollzog sich langsam, aber unaufhaltsam; für 1886 wurde berechnet, dass nur ungefähr $^1/_3$ der Seetransporte

durch Segelschiffe vermittelt werden, während $^2/_3$ den Dampfern zufallen.

Nach Kiaer, einem unserer bedeutendsten Schifffahrtsstatistiker, hat die Vermehrung der Dampfer in den Jahren 1876—84 80 % betragen, während die Verlängerung der Schienenwege in dieser Zeit nur 50 % betrug. Der Preis, für welchen Güter zur See befördert werden können, hat sich durch die Dampfschifffahrt bedeutend ermässigt und beträgt nur einen Bruchtheil der Eisenbahnfracht. Der genannte Statistiker berechnete 1877*) den auf Landstrassen zu 17 Pfennige im Durchschnitt,
„ Eisenbahnen „ $6^3/_4$ „ für Waaren verschiedener Art und
$2^1/_4$ „ für gröbere Güter,
wogegen damals, — die Frachten sind bekanntlich inzwischen erheblich gesunken, — der Transport von Gütern zur See $1^1/_8$ Pf. per Ton und Kilometer bei Entfernungen von unter 2000 km und $^9/_{16}$ bis $^1/_4$ Pf. bei Reisen von über 5000 km war. Noch schärfer tritt der Unterschied des Preises des Seetransports gegenüber dem Binnenlandtransport in der Berechnung des Franzosen de Foville hervor, welcher 1880 in einer Schrift über die Umgestaltung der Transportmittel anführte, dass Weizen von San Francisco nach Liverpool, eine Entfernung von 25 000 km, im Seetransport zu 75 fr. die Ton befördert werde, während sich die Fracht auf gewöhnlichem Landwege auf 6000 fr., auf der Eisenbahn auf 1000 fr. und selbst im Canaltransport, Canalabgaben nicht gerechnet, noch immer auf 375 fr. stellen würde.

Die Einführung des Dampfschiffs und die stetig fortschreitende bauliche und maschinelle Vervollkommnung dieses modernen Seeverkehrsmittels haben die Beförderung von Gütern und Personen zur See vollständig umgestaltet, indem sie dieselbe beschleunigten, vervielfältigten und eine weit grössere Regelmässigkeit einführten. Einen wesentlichen Antheil an der Sicherung, Erleichterung und Verkürzung der Seefahrt haben die von Staatswegen errichteten Seewarten; ihre Stellung und Wirksamkeit ist eine wissenschaftliche, aber auch eine eminent praktische. Die Postpacket-

*) In der von ihm zu Christiania 1886 herausgegebenen Schrift: Bidrag til Belysningen af Skibfartens økonomiske Forhold (Beitrag zur Beleuchtung der ökonomischen Verhältnisse der Schifffahrt). Transportpreis für die Ton und den Kilometer um Mitte der 70er Jahre



schiffe, welche in der ersten Hälfte des Jahrhunderts und bis in die 40er Jahre den atlantischen Ocean zwischen England und den Vereinigten Staaten durchkreuzten und einestheils den gewaltig sich aufschwingenden Verkehr mit amerikanischen Rohproducten und englischen Fabrikaten, anderentheils die Beförderung von Personen, hauptsächlich Auswanderern, vermittelten, waren meist grosse Schiffe und zum Theil ausgezeichnete Segler, die Frist von 23 Tagen, welche die Reise nach Liverpool, und von 40 Tagen, welche die Rückreise, — es waren amerikanische Schiffe, — in der ersten Zeit in Anspruch nahm, wurde im Lauf der Jahre erheblich verkürzt. In den 40er Jahren traten noch schneller segelnde Fahrzeuge, die berühmten Clipper an ihre Stelle und vermittelten den Güterverkehr auch mit Ostasien, der Westküste von Amerika und der Kap-Colonie.

Aber die Zeit auch dieser trefflichen Schnellsegler, des Stolzes der amerikanischen und englischen Schiffsbaukunst, war nur eine kurze, man verlangte in England nach einer besseren Verbindung für Güter- und Passagierbeförderung, sowohl auf der grossen See-Heerstrasse nach den Vereinigten Staaten, wie in den Beziehungen zu Englands zahlreichen Colonieen und Handelsgebieten in Nord- und Mittelamerika, Afrika, Ostasien und Australien.

Die grosse Erfindung Papin's und Fulton's trat für den oceanischen Verkehr mit den glücklichen Reisen der Dampfer „Sirius“ und „Great Western“ im April 1838 von England nach New-York in's Leben. Nach und nach wurde die Dampfkraft in den grossen von England ausgehenden oceanischen Schifffahrtslinien eingeführt, auf den Flüssen und an den Küsten hatte man sich ihrer schon länger bedient. In der Richtung nach Indien, Ostasien und Australien gab der 1869 eröffnete Suezcanal, den 1886 3100 Schiffe mit 5767655 Tonnen Gehalt durchfuhren, der oceanischen Dampfschifffahrt einen grossartigen Aufschwung. Die englische Regierung kam den Unternehmern von oceanischen Dampferlinien in Rücksicht auf das in Frage kommende Handels-, coloniale- und postale Interesse dadurch entgegen, dass sie unter bestimmten Abmachungen über Beförderung der Post und andere der Regierung einzuräumende Vorzugsrechte bedeutende Zuschüsse aus der Staatskasse zur Deckung der Betriebskosten für eine längere Reihe von Jahren zusicherte; diese Verträge wurden von Zeit zu Zeit erneuert, jedoch bei stärkerer Mitwerbung in der Regel mit Abänderungen

zu Gunsten eines umfangreicheren und schleunigeren Betriebes und vielfach mit Ersparungen für die Staatskasse.

Für den Verkehr zwischen England und den Vereinigten Staaten, der durch eine ganze Reihe von Linien gegenwärtig vermittelt wird, bestehen die Leistungen der englischen Regierung, bezw. der englischen Postverwaltung nicht mehr in jährlich gezahlten runden Summen, sondern in Vergütungen, die sich in bestimmten Beträgen nach dem Gewicht der von den schnellsten Linien beförderten Briefe und Packete richten. In gleicher Weise vergütet die amerikanische Postverwaltung ihre Sendungen.

In Frankreich entstanden und bestehen die grossen Oceandampferlinien durch von der Regierung gezahlte bedeutende Subventionen und Prämien. Aehnlich haben sich die Dinge in Italien, Spanien, Portugal und Oesterreich bezüglich der von dort aus organisirten oceanischen Dampfschifffahrtslinien gestaltet, während die in den Niederlanden und in den deutschen Nordseehäfen errichteten Dampfschifffahrtsgesellschaften sich auf eigene Füsse stellten und von den Regierungen nur so weit, als es sich um Entschädigung für Leistungen, namentlich Beförderung der Post handelte, unterstützt wurden. Erst in allerneuster Zeit ist zwischen dem Norddeutschen Lloyd und der Deutschen Reichsregierung der vielerörterte Vertrag abgeschlossen, welcher unter Bewilligung einer Subvention bis zum Höchstbetrage von 4 Millionen Mark jährlich, das Inslebentreten der Deutschen Reichspostdampferlinien nach Ostasien und Australien sicherte.

Um einen Ueberblick über die oceanischen Postdampferverbindungen nach aussereuropäischen Ländern und die sie vermittelnden Gesellschaften zu geben, gehen wir am besten auf den Inhalt der von unserer Reichspostverwaltung ausgegebenen Monatsübersichten etwas näher hier ein, wobei wir die Ausgabe für Juli 1887 zu Grunde legen. Die von England, Frankreich, Italien und den anderen oben genannten Ländern ausgehende oceanische Dampfschifffahrt wird damit gleichzeitig bezeichnet.

Nach Asien.

1. Aden. Britisch Indien einschliesslich Birma, sowie nach den französischen und portugiesischen Colonien in Vorderindien, ferner nach Bagdad und Bassora in der asiatischen Türkei. Mascat in Arabien, Afghanistan (Kabul), Belutschistan (Guadur), Kaschmir und Ladakh. Einschiffungshafen ist Brindisi, von Alexandrien bis Suez erfolgt die Beförderung auf der Eisenbahn.

Die Dampfer des Norddeutschen Lloyd fahren jeden zweiten Freitag, die Dampfer der Peninsula und Oriental Steam Ship Company jeden Montag. Dauer der Ueberfahrt nach Aden 8, nach Bombay 15 Tage.

2. Ceylon. Die englischen Niederlassungen an der Malakka-Strasse, Niederländisch-Indien, Französisch-Cochinchina nebst Kambodscha, Annam und Tonkin, Siam, Labuan und Philippinen.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Brindisi jeden zweiten Freitag, Dampfer der P. & O. Company jeden zweiten Montag, Dampfer der Messageries maritimes, von Suez, jeden zweiten Montag, Dampfer der Messageries maritimes von Marseille, jeden zweiten Sonntag. Dauer der Ueberfahrt in obiger Reihenfolge nach Colombo 16, 17, 20 und 21 Tage, nach Singapore 22, 25, 27 und 28 Tage, nach Batavia 28, 30 und 31 Tage.

Ausserdem nach Niederländisch-Indien Dampfer der Gesellschaft „Nederland" und „Rotterdamsche Lloyd" abwechselnd jeden Donnerstag von Marseille aus. Dauer der Ueberfahrt nach Padang 28, nach Batavia 31 Tage.

3. nach China, Japan, Hongkong, Macao und Korea.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Brindisi jeden vierten Freitag (Bahnfahrt Alexandrien-Suez). Dauer der Ueberfahrt nach Hongkong 28, nach Shanghai 32, nach Yokohama 35 Tage.

Dampfer der P. & O. Company von Brindisi jeden zweiten Montag. Dauer der Ueberfahrt nach Hongkong 32, nach Shanghai 36, nach Yokohama 41 Tage.

Dampfer der Messageries maritimes von Suez ab jeden zweiten Montag. Dauer der Ueberfahrt nach Hongkong 35, nach Shanghai 40, nach Yokohama 45 Tage.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Bremerhaven nach New-York. Eisenbahn bis San Francisco, sodann Dampfer der Pacific Mail Company und der Occidental und Oriental Steam Ship Company.

Dampferlinien von Vancouver Island nach Japan jeden Monat.

Dampfer verschiedener englischer Gesellschaften von Queenstown ab nach New-York, von da ab Beförderung wie oben.

4. nach Persien.

Dampfer der P. u. O. Company jeden Montag von Brindisi nach Alexandrien, Bahn nach Suez, sodann Dampfer derselben Gesellschaft nach Bombay, von wo die Dampfer der British-India-Gesellschaft nach Plätzen des persischen Golfs bis Buschir laufen.

Nach Afrika.

1. Kapland, Natal, Transvaal und Oranjefreistaat.

Dampfer der Castle Mail Packets Company von Dartmouth

jeden zweiten Freitag nach Kapstadt 20 Tage, nach Natal 25 Tage; von Lissabon jeden vierten Montag nach Kapstadt 17 Tage, nach Natal 22 Tage.

2. nach Ostafrika (Zanzibar, Mozambique, Delagoa-Bai).

Dampfer des Norddeutschen Lloyd, ab Brindisi, Bahnfahrt von Alexandrien bis Suez, Lloyd-Dampfer bis Aden, von da bis Mozambique, Dampfer der British-India Company. Jeden vierten Freitag. Bis Zanzibar 26, bis Mozambique 35, bis Delagoa Bai 48 Tage.

Dampfer der P. u. O. ab Brindisi und von Suez bis Aden, sodann Dampfer der British-India. Jeden vierten Montag. Bis Zanzibar 23, bis Mozambique 32, bis Delagoa Bai 45 Tage.

Dampfer der Castle Mail Packets Company ab Dartmouth jeden vierten Freitag nach Delagoa Bai 30, nach Mozambique 40 Tage, über Lissabon jeden vierten Montag nach Delagoa Bai 27, nach Mozambique 37 Tage.

Dampfer der Messageries maritimes von Marseille jeden vierten Mittwoch nach Mozambique 32 Tage;

nach Mauritius, Amiranten, Seychellen, Rodriguez, Réunion, Madagaskar, Mayotte und Nossi Bé.

Dampfer der Messageries maritimes von Marseille jeden vierten Mittwoch nach Réunion 20 nach Mauritius 22, nach Tamatave 23 Tage.

3. nach West-Afrika.

Dampfer der African Steam Ship Company und der British and African Steam Navigation Company von Liverpool jeden Sonnabend nach Sierra Leone in 16, nach Cape Coast Castle in 23 und nach Lagos in 28 Tagen, ferner 1—2 Mal im Monat von Liverpool nach Goree in 12, nach Bathurst in 13 Tagen, 1—2 Mal im Monat nach Monrovia in 18, nach Bonny in 33 Tagen, endlich 1—2 Mal im Monat nach Addah in 26 Tagen

Dampfer der Messageries maritimes von Bordeaux am 5. und 20. jeden Monats über Lissabon nach Dakar (Goree) in 8 Tagen. Dampfer der Transports maritimes von Marseille am 14. jeden Monats nach Dakar (Goree) in 9 Tagen.

Dampfer der portugiesischen Gesellschaft Empresa Nacional de Navegaçao von Lissabon am 6. jeden Monats nach portugiesischen Plätzen der Westküste, Dauer der Ueberfahrt nach Principe 17, nach dem Kongo 24, nach Loanda 25 und nach Gabun 30 Tage.

Dampfer der vorhin genannten beiden englischen Gesellschaften von Liverpool jeden dritten Mittwoch nach einer Reihe von Plätzen der afrikanischen Westküste, Dauer der Ueberfahrt nach Fernando Po 29, nach Kamerun 30, nach Gabun 34, nach dem Kongo 42 und nach Loanda 48 Tage.

Dampfer der afrikanischen Dampfschiffs - Actiengesellschaft Woermann-Linie von Hamburg am 15. und letzten jeden Monats nach einer Reihe von Plätzen der Westküste. Dauer der Reisen: nach Goree 15 bezw. 16, nach Monrovia 20, nach Kap Palmas 25, nach Lagos 26 bezw. 34 Tage, nach Kamerun 30, nach Gabun 46, nach dem Kongo 43, nach Loanda 46 Tage.

Dampfer der Compagnie Walford von Antwerpen nach Banana in 25, nach Boma in 27 Tagen. Abfahrtstermin nicht angegeben.

Nach Amerika.

1. Nordamerika.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Bremerhaven jeden Mittwoch und ausserdem einige Extradampfer im Monat nach New-York in 9—10 Tagen. Anlaufen in Southampton.

Dampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Aktiengesellschaft von Hamburg jeden Sonntag nach New-York in 12 Tagen. Anlaufen in Havre.

Dampfer der White Star und der Cunard-Linie von Queenstown (Süd-Irland) jeden Donnerstag und Sonntag nach New-York in 8—9 Tagen.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von Havre jeden Sonnabend nach New-York in 8—9 Tagen.

Dampfer der Gesellschaften Allan und Dominion jeden Freitag von Londonderry (Nord-Irland) nach Quebec in 9 Tagen.

Dampfer der Allan-Gesellschaft von Queenstown (Süd-Irland) jeden zweiten Mittwoch in 8 Tagen nach St. John, Neu-Fundland.

2. nach Mexiko.

Dampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Actiengesellschaft von Hamburg am 2. jeden Monats nach Vera-Cruz 26, Tampico 30 Tage (Anlaufen in Havre).

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 21. jeden Monats nach Vera-Cruz in 18 Tagen.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company jeden vierten Donnerstag von Southampton nach Vera-Cruz in 31 Tagen.

Dampfer der Westindia & Pacific Steam Ship Company von Liverpool jeden vierten Donnerstag nach Vera-Cruz in 30 Tagen.

3. nach Mittel-Amerika.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company von Southampton jeden zweiten Donnerstag nach Colon in 21 Tagen.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 10. jeden Monats nach Colon in 20 Tagen, am 26. jeden Monats eben dahin in 22 Tagen.

Dampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Actiengesellschaft von Hamburg am 6. und 24. jeden Monats über Havre nach Colon in 29 Tagen.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company, nach Belize (Honduras) in 18—19 Tagen und nach Livingston (Guatemala) in 20—21 Tagen.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company von Southampton jeden zweiten Donnerstag nach Barbados in 13, nach Grenada und St. Vincent in 14, nach Dominica in 15, nach Antigua in 16 Tagen.

Dampfer der West-India & Pacific Steam Ship Company von Liverpool in drei Wochen zwei Mal nach Barbados, bei 16 Tagen Ueberfahrtszeit.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 21. jeden Monats in 15 Tagen nach Havana, von Bordeaux am 11. jeden Monats in 20 Tagen nach Santiago de Cuba.

Dampfer der Royal Mail St. P. Company von Southampton jeden vierten Donnerstag in 25 Tagen nach Havana.

Dampfer der spanischen Gesellschaft Compañia trasatlantica am 10. und 30. jeden Monats von Cadiz nach Havana in 18, am 21. jeden Monats von Coruña eben dahin in 17 Tagen.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique nach Guadeloupe und Martinique am 10. jeden Monats von St. Nazaire nach Fort de France in 13, und von Bordeaux am 26. jeden Monats in 14 Tagen eben dahin.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company nach Haiti-San Domingo und nach Jamaica jeden zweiten Donnerstag, von Southampton nach Jacmel in 17, nach Jamaica in 18 Tagen.

Dampfer der Westindia und Pacific Steam Ship Company jeden vierten Donnerstag von Liverpool nach Port-au-Prince in 19 und nach Jamaica in 21 Tagen.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique am 11. jeden Monats von Bordeaux in 17 Tagen nach Puerto Plata, nach San Domingo und Kap Haiti in 18, nach Jacmel und Port-au-Prince in 19 Tagen.

Endlich Dampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Actiengesellschaft von Hamburg am 6. jeden Monats nach Porto Plata in 23, Kap Haiti in 24, Port-au-Prince in 26 Tagen, am 21. jeden Monats nach San Domingo in 23, nach Puerto Plata in 23, nach Jacmel in 28 Tagen, am 24. jeden Monats nach Kap Haiti in 23 und nach Port-au-Prince in 26 Tagen. Anlaufen in Havre.

Dampfer der Compañia transatlantica von Cadiz am 10. und 30. jeden Monats in 14 Tagen, von Coruña am 21. jeden Monats in 13 Tagen nach Portorico.

Dampfer der Royal Mail jeden zweiten Donnerstag von Southampton in 17 Tagen " " Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 11. jeden Monats in 15 Tagen " " Hamburg-Amerikanischen P.-F.-A.-Gesellschaft am 6. und 21. von Hamburg jeden Monats mit Anlaufen in Havre. " " Westindia & Pacific Steam Ship Company von Liverpool jeden 4. Donnerstag in 16 Tagen	nach St. Thomas.
" " Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 10. jeden Monats in 15, von Bordeaux am 26. jeden Monats in 16 Tagen " " West-India and Pacific Steam Ship Company von Liverpool alle 3 Wochen zwei Mal in 17 Tagen	nach Trinidad.

4. nach Süd-Amerika. Brasilien.

Dampfer der Messageries maritimes am 5. und 20. jeden Monats von Bordeaux über Lissabon nach Pernambuco in 14, nach Bahia in 16, nach Rio de Janeiro in 19 Tagen.

Dampfer der Pacific Steam Navigation Company jeden zweiten Sonnabend von Bordeaux über Lissabon nach Pernambuco in 15, nach Bahia in 17, nach Rio de Janeiro in 18—20 Tagen.

Dampfer der Royal Mail Steam Packet Company von Southampton am 9. und 24. jeden Monats über Lissabon nach Pernambuco in 15—17, nach Bahia in 16—19, nach Rio de Janeiro in 19 bis 22 Tagen.

Dampfer der Hamburg-Südamerikanischen Gesellschaft von Hamburg drei Mal im Monat über Lissabon nach Pernambuco in 20, nach Bahia in 22, nach Rio in 26 bis 27 Tagen.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Bremerhaven am 25. jeden Monats über Antwerpen und Lissabon nach Bahia in 27, nach Rio de Janeiro in 31 Tagen.

Dampfer der französischen Gesellschaft Transports maritimes von Marseille am 14 jeden Monats in 19 Tagen nach Rio de Janeiro.

Dampfer der Red Cross-Linie and Booth Steamship Company von Liverpool am 5. und 21. jeden Monats über Havre und Lissabon nach Pará in 20 bezw. 16, bezw. 20 Tagen.

Argentinische Republik, Uruguay, Paraguay.

Dampfer der Messageries maritimes von Bordeaux am 5. und

20. jeden Monats über Lissabon in 24 Tagen nach Montevideo, in 25 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer der Pacific Steam Navigation Company von Bordeaux jeden zweiten Sonnabend über Lissabon in 23—25 Tagen nach Montevideo, von da Localdampfer in 2 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer der Royal Mail St. P. Cp. jeden zweiten Donnerstag am 9. und 24. jeden Monats von Southampton über Lissabon in 27 Tagen nach Montevideo und in 28 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschifffahrtsgesellschaft von Hamburg am 1., 10. und 20. jeden Monats in 28 Tagen nach Montevideo, in 30 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Bremerhaven am 10. und 24. jeden Monats über Antwerpen in 32 Tagen nach Montevideo, in 33 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer der Transports maritimes von Marseille am 14. jeden Monats in 24 Tagen nach Montevideo, in 25 Tagen nach Buenos Aires.

Dampfer der Navigazione generale italiana sechs Mal im Monat von Genua nach Montevideo in 21—25, nach Buenos Aires in 25—26 Tagen.

Nach den Falklands-Inseln.

Dampfer der Deutschen (Hamburger) Kosmos-Gesellschaft, abwechselnd von Dartmouth und von Bordeaux einmal im Monat nach Port Stanley in 31 bis 37 Tagen.

Nach Britisch, Französisch und Niederländisch Guyana.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire einmal im Monat nach Demerara in 18, nach Paramaribo in 19, nach Cayenne in 20 Tagen.

Dampfer der Royal Mail St. P. Cy. von Southampton jeden zweiten Donnerstag in 15 Tagen nach Demerara, in 17 Tagen nach Paramaribo.

Dampfer der Gesellschaft Kon. Westindische Maildienst von Amsterdam, am 12. jeden Monats von Amsterdam, nach Paramaribo in 18, nach Demerara in 22 Tagen; nach den Vereinigten Staaten von Columbien (mit Anschluss von Colon nach Panama auf der Eisenbahn in 4 Stunden), weiter von Panama jeden Sonnabend mit Dampfern der Pacific St. Nav. Cy. nach Häfen von Ecuador (Guayaquil in 4 Tagen), Peru (Paita in 8, Callao in 11 Tagen) und nach Chile (Valparaiso in 23 Tagen).

Dampfer der Royal Mail von Southampton jeden zweiten Donnerstag nach Colon in 21, nach Savanilla in 24 Tagen.

Dampfer der Cie. Gèn. transatl. am 10. jeden Monats von St. Nazaire nach Savanilla in 18, nach Colon in 20 Tagen.

Dampfer des Nordd. Lloyd 6 Mal im Monat von Bremerhaven

nach New-York, sodann Pacific Mail S. S. Cy., Dauer der Ueberfahrt nach Colon 19—22 Tage.

Dampfer der Hamb.-Am. Packetf.-Actiengesellschaft von Hamburg am 6., 21. und 24. jeden Monats mit Anlaufen in Havre, in 29 Tagen nach Colon, 31—34 Tage nach Savanilla.

Dampfer der Westindia & Pacific S. S. Cy. in 3 Wochen zwei Mal von Liverpool in 24 Tagen nach Savanilla u. in 27 Tagen nach Colon.

Nach Chile Bolivien und Peru ausserdem, durch die Magellanstrasse:

Dampfer der Pacific St. Nav. Cy. jeden zweiten Sonnabend von Bordeaux in 35—37 Tagen nach Valparaiso und in 45 bis 52 Tagen nach Callao

Dampfer der Kosmos-Linie jeden dritten Montag von Hamburg über Antwerpen nach Valparaiso in 50—52, nach Callao in 62—65 Tagen.

Nach Venezuela.

Dampfer der Compagnie générale transatlantique von St. Nazaire am 10. jeden Monats in 16 Tagen nach La Guayra, in 17 Tagen nach Puerto Cabello, von Bordeaux am 26. jeden Monats nach La Guayra in 18, nach Puerto Cabello in 19 Tagen.

Dampfer der Royal Mail St. P. Cy. von Southampton jeden zweiten Donnerstag in 17—20 Tagen nach La Guayra, in 22 Tagen nach Puerto Cabello.

Dampfer der West-India & Pacific S. S. Cy. in drei Wochen zwei Mal von Liverpool nach La Guayra in 20, nach Puerto Cabello in 21 Tagen.

Dampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Actiengesellschaft von Hamburg am 6. und 21. jeden Monats über Havre nach La Guayra in 25—26, nach Puerto Cabello in 25—27 Tagen.

Nach Australien.

1. Victoria, Süd-Australien, Tasmania, Neu-Süd-Wales und Neu-Caledonien.

Von Brindisi jeden zweiten Montag Dampfer der P. & O. Company nach Adelaide in 32 Tagen.

Von Neapel jeden zweiten Montag Dampfer der Orient-Linie nach Adelaide in 32 Tagen.

Von Brindisi bis Alexandrien Dampfer des Norddeutschen Lloyd, von Alexandrien bis Suez Eisenbahn, von Suez bis Adelaide Dampfer des Norddeutschen Lloyd, von Adelaide nach Melbourne und Sydney Eisenbahn, Dauer der Ueberfahrt nach Adelaide 33, nach Melbourne 35, nach Sydney 36 Tage.

Dampfer der Messageries maritimes von Marseille jeden vierten Mittwoch nach Adelaide in 38, nach Melbourne in 40, nach Sydney in 41 und nach Numea in 49 Tage (von Melbourne nach Sydney Eisenbahn); von Queenstown (wie weiter unten nach Neu-Seeland) jeden vierten Donnerstag nach Sydney in 40 Tagen.

2. Queensland.

Von Brindisi jeden vierten Freitag Dampfer des Norddeutschen Lloyd, von Alexandrien bis Suez Eisenbahn, von Suez bis Adelaide Dampfer des Norddeutschen Lloyd, von Adelaide bis Sydney Eisenbahn, von Sydney ab Colonialschiff. Dauer der Ueberfahrt nach Brisbane 41 Tage.

Von Brindisi durch die Torresstrasse jeden vierten Montag: bis Alexandrien Dampfer der P. & O. Cy., von Alexandrien bis Suez Eisenbahn, von Suez bis Aden Dampfer der P. & O., von Aden ab Dampfer der British-India S. Nav. Cy. Nach Cooktown 37, nach Brisbane 41 Tage.

Von Brindisi über Melbourne jeden Montag bis Alexandrien Dampfer der P. & O. Cy., Alexandrien-Suez Bahn, von Suez bis Adelaide abwechselnd Dampfer der P. & O. und der Orient-Linie. Von Adelaide bis Sydney Bahn, dann Colonialschiff. Nach Brisbane 42 Tage.

3. West-Australien.

Von Brindisi wie oben Dampfer der P. & O., Dauer der Ueberfahrt nach King Georges Sund 30 Tage.

4. Neu-Seeland.

Von Queenstown Dampfer der White Star bis New-York, Eisenbahn bis S. Francisco, von S. Francisco Dampfer der Oceanic S. S. Cy. jeden vierten Donnerstag. 35 Tage bis Auckland. Dampfer der New Zealand Shipping Cy. jeden vierten Sonnabend von Plymouth nach Auckland in 45 Tagen.

5. Samoa-, Tonga- und Fidschi-Inseln.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Brindisi wie oben jeden vierten Freitag, Dauer der Ueberfahrt nach Apia 49 Tage.

Von Queenstown jeden vierten Donnerstag, wie nach Neu-Seeland, nach Apia in etwa 35 Tagen.

6. Hawaii-Inseln.

Dampfer des Norddeutschen Lloyd von Bremerhaven nach New-York, Bahnfahrt nach S. Francisco, Dampfer der Oceanic S. Cy. drei Mal im Monat. Nach Honolulu in 24—25 Tagen.

Wie die vorstehende Uebersicht ergiebt, gehen die ozeanischen Dampferlinien fast sämmtlich von europäischen Häfen aus, abgesehen von der oben erwähnten Linie zwischen San Francisco und ostasiatischen und australischen Häfen. Die ozeanische Dampfschifffahrt der Vereinigten Staaten von Nordamerika dient dem Küstenverkehr, sowie der Verbindung mit Mittel- uud Südamerika. In Südamerika (Brasilien, Argentinien und Chile) dient die Dampfschifffahrt unter nationaler Flagge einem ausgedehnten Küstenverkehr. Europa ist der Mittelpunkt des ozeanischen Dampferverkehrs der Welt; die europäischen Dampfer vermitteln auch den maritimen Schnellverkehr der wichtigsten Häfen anderer Welttheile.

Unter den in der vorstehenden Uebersicht aufgeführten Dampfergesellschaften sind, nach Ländern geordnet, die bedeutendsten:

Name der Gesellschaft	Zahl	Tonnengehalt
	der Dampfer	
England.		
P. & O. Company 1886	58	100,623 netto
British India St. Nav Cy. 1886	79	111,447 „
Royal Mail St. P. Cy. 1886	24	87,556 „
Cunard S. S. Company 1886	31	49,245 „
Union S. S. Cy., London 1886	19	30,561 „
Allan 1886	33	68,300 „
Anchor-Line 1886	41	76,433 „
Liverpool, Brazil & River Plate St. Nav. Cy. 1886	39	29,059 „
National 1886	13	35,542 „
British African 1886	24	21,556 „
African 1886	12	12,844 „
Pacific Mail Steam Ship Cy. 1886	18	31,634 „
Pacific Steam Nav. Cy. 1886	38	58,972 „
Ocean Steam Ship Cy. 1886	35	39,948 „
Oceanic S. S. Cy. 1886 (White Star-Line)	14	35,290 „
Westindia & Pacific Cy. 1886	15	22,783 „
Australasian S. S Cy., Sydney 1886	30	16,914 „
Union S. S. Cy., Neu-Seeland 1886	37	20,752 „
Deutsches Reich.		
Norddeutscher Lloyd, April 1887	64	85,202 „
Hamburg-Amerikanische Packetfahrt-Actiengesellschaft 1886	26	43,183 „
Hamburg-Südamerikanische 1886	16	23,257 „
Kosmos 1886	12	14,100 „
Deutsche Dampfschiffsrhederei 1886	10	10,298 „
Afrikanische Dampfschifffahrtsgesellschaft (Wörmann-Linie) 1886	4	3,243 „
Frankreich.		
Messageries maritimes 1886	58	78,637 „
Compagnie Générale Transatlantique 1886	65	56,742 „
Transports maritimes 1886	17	22,020 „
Niederlande.		
Gesellschaft Nederland, Mai 87	13	36,800 brutto
Rotterdam'scher Lloyd	18	18,141 netto
Italien.		
Navigazione generale italiana	102	62,965 „
Oesterreich.		
Oesterreich-Ungarischer Lloyd	40	82,526 „
Spanien.		
Compaña Trasatlantica	26	39,918 „
Portugal.		
Empresa Nacional de navigaçao a vapor	7	6,851 „

Die nachfolgenden Tabellen geben eine Uebersicht über den Stand der Handelsmarine der wichtigsten Staaten, Dampfer und Segler, über 50 T. Tragfähigkeit.

Die Handelsmarine der wichtigsten Staaten (Dampf- und Segelschiffe) nach dem Stande v. 1. Januar 1886*)

	Dampfschiffe		Segelschiffe		Segel- und Dampfschiffe zusammen		Dampfschiffe von 50 T. und mehr		Segelschiffe von 50 T. und mehr		Segel- und Dampfschiffe von 50 T. und mehr	
	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.
Europa . . .	10,884	6547.1	57,976	9018.5	68,860	15565.6	7,937	6490.3	29,360	8349.9	37,297	14840.2
Amerika . . .	3,861	875.3	25,450	3325.0	29,311	4200.3	2,770	856.1	14,227	3130.6	16,997	3986.7
Europäische Besitzungen												
in Afrika . .	53	3.8	464	25.5	517	29.3	25	3.2	102	18.4	127	21.6
in Asien . . .	308	121.9	1,912	204.8	2,220	326.7	259	120.5	1.061	179.7	1,320	300.2
in Oceanien .	909	151.8	1,940	233.8	2,849	385.6	465	139.9	917	208.9	1,382	348.8
In Allem:	16,015	7699.9	87,742	12807.6	103,757	20507.5	11,456	7610.0	45,667	11887.5	57,123	19497.5

*) Vergl. Statistique internationale. Navigation maritime. III. redigirt von A. N. Kiaer. Christiania 1887.

Die Handelsmarine der wichtigsten Staaten von Europa. Fahrzeuge über 50 T. Tragfähigkeit am 1. Januar 1886.*)

Staaten	Dampfer		Segelschiffe	
	Zahl.	Gehalt in 1000 T.	Zahl.	Gehalt in 1000 T.
Grossbritannien	4829	4414.8	9944	3288.5
Deutsches Reich	557	417.7	2255	825.8
Frankreich	562	542.6	2128	386.8
Norwegen	317	109.2	3958	1373.7
Italien	164	138.2	2324	753.5
Spanien	336	244.4	952	165.3
Schweden, 1. Januar 1885	301	91.9	1690	367.5
Niederlande	106	118.8	634	188.9
Europ. Russland**)	257	85.4	1720	210.4
Dänemark, Island und die Faröer	191	92.6	980	150.8
Oesterreich	97	86.3	320	131.2
Griechenland	64	34.7	975	185.5
Belgien	53	79.5	11	5.1
Finnland, 1. Januar 1883	47	9.5	750	201.9
Portugal	28	15.0	281	52.2
Ungarn	11	6.9	132	61.3

*) Vergl die vorhergehende Note.

**) Ausser Finnland.

Auf die Befahrung der grossen Ströme durch Dampfer und den dadurch vermittelten Verkehr kann hier nur hingewiesen werden. Bekannt ist die bedeutende Rolle, welche die Strom- und Seen-Dampfschifffahrt im Binnenverkehr der Vereinigten Staaten spielt und wie das Dampfschiff auch den Verkehr in dem weitverzweigten System der grossen Ströme Südamerikas vermittelt. Weniger bekannt ist der Umfang der Dampfschifffahrt auf den russischen Binnengewässern. Die Zahl der Dampfer der russischen Binnenschifffahrt wird zu 1246 mit Maschinen von 72, 105 Pf.-Kraft angegeben. Die Zahl der Dampfer auf der Wolga, — theils Passagier-, theils Fracht-, theils Bugsir-Dampfer, — betrug Anfang der 80er Jahre 572, der Dnjepr hatte 67, der Don 59 Dampfer, der Ladoga- und Peipus-See werden von Dampfern befahren. Bedeutend sind die Dampferflotten des Schwarzen und des Kaspischen Meeres; in Sibirien werden der Baikal-See, die drei grossen Ströme Ob, Jenissej und Lena, ebenso der Tobol mit Dampfern befahren und den Amur befuhren 1881 schon 23 Dampfschiffe. Bemerkenswerth ist, dass auf 562 Dampfern mit Holz, auf 422 Dampfern mit Steinkohlen und auf 262 Dampfern mit Naphta-Resten geheizt wird. Ein Theil der Gesellschaften, welche auf den russischen Binnengewässern, sowie an den russischen Küsten Dampfschifffahrt betreiben, erhält von der russischen Regierung jährlich eine Subsidie.

Einen wichtigen Theil des Weltverkehrs bildet das Telegraphenwesen und, in beschränkterem Umfang, das Fernsprechwesen. Die Entwickelung in Europa bezeichnen die Länge der Linien in Kilometer und die Zahl der Stationen in den Jahren 1860 und 1885: 1860 126,140 km und 3502 Stationen, 1885: 596,000 km und 45,000 Stationen. Die Zahl der aufgegebenen Telegramme betrug 1860: 8,917,938 und 1885: 117,520,000. Die Länge der Staats-Telegraphen-Linien war 1885 in Deutschland 82,991, in Gross-Britannien und Irland 47,073, in Frankreich 83,563, in Italien 28,438, in Oesterreich 24,731, in Russland (das asiatische Russland mit einbegriffen) 104,149 km.

Im Deutschen Reichstelegraphengebiet bestanden Ende 1886 3702 Fernsprechämter. Die Länge der Telegraphenlinien ausserhalb Europa berechnet Dr. Neumann-Spallart wie folgt:

Amerika 1884/85:	395,000	km,
Asien 1884/85:	73,300	„
Australien 1884:	54,300	„
Afrika 1884:	29,600	„

Von den amerikanischen Linien kommen auf die Vereinigten Staaten (1885) 263, 927, auf Canada (1885) 32,745, auf Mexiko (1884) 31,088, auf Argentinien (1886) 21,967, auf Chile (1885) 12,200, auf Brasilien (1885) 10,292 km. In Asien entfallen auf Britisch-Ostindien (1884) 45,445, auf niederländisch Indien (1884) 5747, auf Japan (1886) 8933, auf Persien (1885) 5135 km. In Australien vertheilten sich die Telegraphenlinien 1884 in folgender Weise auf die britischen Colonieen: Neu-Süd-Wales 15,699, Queensland 11,231, Süd-Australien 8417, Tasmanien 6862, Victoria 6469, Neu-Seeland 3033 und West-Australien 2113. Afrika: Aegypten und Sudan (1884) 9373, Algerien und Tunis 9500, Kap-Colonie 6790, Oranje-Freistaat (1884) 741, Transvaal-Staaten (1884) 175, Angola (1883) 351, Mozambique (1886) 85, Réunion (1883) 126, Senegal (1883) 2457 km.

Zu den 1,044,200 km Landlinien, welche sich im Ganzen ergeben, kommen nun noch 166,000 km unterseeische Kabel; von der Gesammtzahl dieser Kabel, 731, gehören 546 Staatsverwaltungen, 185 dagegen 23 Privatunternehmungen. Die wichtigste und älteste unterseeische telegraphische Verbindung ist die zwischen England, später auch Frankreich durch den nordatlantischen Ocean nach den Vereinigten Staaten. Am 5. August 1858 wurde der erste unterseeische Telegraph zwischen England und den Vereinigten Staaten durch Glückwunschbotschaften des Präsidenten der grossen transatlantischen Republik und der Königin Victoria eröffnet, um freilich bald, für 7 Jahre, zu ruhen. Im Jahre 1866 gelang das Werk dauernd. Gegenwärtig unterhalten nicht weniger als zehn Kabel die unterseeische Telegraphenverbindung zwischen Europa und Nordamerika, und zwar gehen sechs von Irland, zwei von Cornwall (England), zwei von Frankreich (Brest) aus. Von jenen sechs reichen drei von der Insel Valentia an der Südwestküste von Irland nach Hearts Content auf Neu-Fundland, eines von der Ballingskelligbai bei Valentia nach Tor Bai auf Neu-Schottland, endlich zwei von Waterville, nahe der oben genannten Bai, nach Dover Bai, Neu-Schottland. Nach dieser Bai sind ferner zwei Kabel von Sennen Cove an der Westspitze der englischen Halbinsel Cornwall und zwei Linien sind von Brest (Frankreich) nach der französischen Colonie und Fischerinsel St. Pierre de Miquelon gelegt. Eines der in Valentia mündenden Kabel wurde von der Vereinigten Deutschen Telegraphengesellschaft nach Emden weitergeführt und ist dadurch Deutschland in directe

telegraphische Verbindung mit den Vereinigten Staaten gesetzt.*) Seit dem Jahre 1874 besteht ein unterseeischer Telegraph zwischen Europa und Südamerika. Es ist dies die Doppellinie Lissabon—Madeira—St. Vincent (Kap Verden)—Pernambuco. Von hier reicht der Telegraph nördlich bis zu der an der Mündung des Amazonenstroms gelegenen brasilianischen Hafenstadt Pará und südlich nach Bahia, Rio, Montevideo und Buenos Aires. Von den genannten Endpunkten reicht der Telegraph noch weiter längs den Küsten und in's Innere, namentlich ist Centralamerika mit Pará und die Küste von Guyana mit Pernambuco in Verbindung gebracht, und steht Argentinien mit der Länge seiner Telegraphenlinien (21,967 km) in Amerika bereits in vierter Reihe. Im Jahre 1882 wurde auch die südamerikanische Westküste durch einen theils unterseeischen, theils transcontinentalen Telegraphen in Galveston mit dem reich gegliederten nordamerikanischen Telegraphennetz verbunden. Diese Linie der Central- und South American-Telegraph-Company geht von Galveston über Tampico, Vera-Cruz, Coatzacoalcos, den Isthmus von Tehuantepec nach Salina-Cruz, von hier unterseeisch auf dem Grunde des Grossen Oceans nach den verschiedenen Hafenplätzen an der Westküste von Central- und Südamerika: la Libertad, San Juan del Sur, Panama, Buenaventura, Santa Elena, Payta, nach Chorillos bei Lima.

Nächst den unterseeischen Telegraphenverbindungen durch den atlantischen Ocean sind für den grossen Verkehr die zum Theil unterseeischen Telegraphenlinien zwischen Europa und Indien und weiter Ostasien und Australien von Bedeutung, sie liegen zum grossen Theil in den Händen zweier Gesellschaften: der Eastern Telegraph Company und der Indo European Telegraph Company. In Buschir, der persischen Hafenstadt am gleichnamigen Meerbusen, vereinigen sich eine von Constantinopel, Bagdad und Basra und eine von Russland (Tiflis) durch Persien, über Teheran und Ispahan, gelegte Linie. Untermeerisch ist sodann der Draht bis Jask in Süd-Persien und von da weiter nach Gwadar und Karachi (Britisch Indien) geführt. Von hier ab reicht der Telegraph zu Lande über Bombay, Madras, Calcutta bis nach dem Reishafen Maulmein in Britisch-Hinterindien.

Die telegraphische Verbindung zwischen Europa und Afrika

*) Dieses Kabel wurde in neuester Zeit für das Deutsche Reich erworben.



unterhalten zunächst fünf französische Linien: nämlich drei zwischen Marseille und Algier und zwei zwischen dem genannten südfranzösischen Hafen und Bona, sodann eine englische Linie: Falmouth—Gibraltar—Malta—Alexandrien, zwei italienische: Modica (Sicilien)—Malta—Alexandrien und Otranto—Zante—Alexandrien (mit Abzweigung). Zur Westküste Afrikas ist von Cadiz ein Kabel über Teneriffa nach St. Louis und Dakar mit einer in's Innere zu dem vorgeschobenen französischen Militärposten am Niger, Bamaku reichenden Abzweigung, weiter bis Sierra Leone, Akkra, San Thomé und Loanda gelegt. An der Ostküste des schwarzen Welttheils reicht nun der unterseeische Telegraph von Suez über Aden, Zanzibar, Mozambique, die Delagoa-Bai, den Hafen des Transvaal-Staats nach Port Natal und Kapstadt.

Australien wurde bereits im Jahre 1872 mit Europa in telegraphische Verbindung gebracht und zwar durch Führung eines untermeerischen Kabels nach Banjoewangie, Ost-Spitze von Java. Damit war der Anschluss an das jetzt noch mannigfaltiger gegliederte Telegraphennetz erreicht, welches längs der javanischen Küsten, nach Singapore, den Häfen Siams und Birmas, nach den Philippinen, Japan, zu den grossen chinesischen Seehandelsemporien und bis nach Wladiwostok und Nikolajewsk reicht. Der Ueberland-Telegraph durch das australische Festland wurde auf Kosten der Regierung von Süd-Australien von Port Darwin nach Port Augusta geführt und bis auf eine Lücke an der öden Nordwestküste reicht der verbindende Draht jetzt rund um das australische Festland; ja er verbindet die so rasch emporgeblühten englisch-australischen Coloniestaaten mit den Schwestercolonieen Tasmanien und Neuseeland. Endlich sei noch des russisch-sibirischen Ueberland-Telegraphen gedacht, welcher, der grossen sibirischen Heerstrasse bis Irkutsk folgend, hier sich nach Nikolajewsk und Wladiwostok auszweigt, somit an das ost-asiatisch-australische Telegraphennetz anschliesst.

Wenn der Telegraph recht eigentlich ein Weltverkehrsmittel und die grossen Linien nur als solche und nicht als dem Interesse eines einzelnen Landes oder Volkes dienend geplant und ausgeführt werden konnten, so war der Anfangs- und Ausgangspunkt der Eisenbahnen das Verkehrsinteresse zunächst eines bestimmten Landes, ja Bezirks, zweier grosser Städte oder der Abkürzung des Wegs aus dem Inneren zur Küste, zum völkerverbindenden Meere. Allmählich trat aber die im Jahre 1825

in's Werk gesetzte Erfindung des grossen Georg Stephenson in ihrer ganzen Bedeutung hervor. Den Anfang und den jetzigen Stand der Entwickelung bezeichnen die Jahre 1830, in welchem in England, Frankreich, Oesterreich und den Vereinigten Staaten mit Herstellung von 381 km Eisenbahnen gewissermassen nur die ersten probenden Schritte gethan wurden und das Jahr 1885, in welchem die fertigen Schienenwege eine Länge von 484,458 km zählen.*) Der Löwenantheil fällt auf Amerika mit 246,073 km und in diesem Welttheil wiederum auf die Vereinigten Staaten mit 204,366 km, bei 17,280 km in Canada, 7062 in Brasilien, 5762 km in Mexiko, 4128 km in Argentinien und 2274 km in Chile; die Länge der Schienenwege in Europa betrug 195,176 km, von denen 36,779 km auf Deutschland, 32,491 km auf Frankreich, 30,843 km auf Grossbritannien und Irland, 25,620 auf Russland (mit den russisch-asiatischen Linien), 22,341 auf Oesterreich-Ungarn kommen. Dass die Entwickelung der Eisenbahnen von der Cultur und wirthschaftlichen Entwickelung abhängig, ergeben die geringen Zahlen für die übrigen räumlich Europa so überlegenen Welttheile Asien (22,367 km), Australien (12,954 km) und Afrika (7888 km). Auch da ist ihre Entwickelung an die gleichen Factoren, insbesondere an eine erfolgreiche colonisatorische Thätigkeit gebunden, die asiatischen Eisenbahnen sind zum allergrössten Theil, 19,917 km, in Britisch-Indien gebaut und auch in Afrika entfallen von der Gesammtlänge beinahe $^{7}/_{8}$ auf die Kap-Colonie, Algerien und Aegypten.

Am Schluss des Betriebsjahres 1885/86 hatten die Eisenbahnen im Deutschen Reiche eine Eigenthumslänge von 37,271 km.

Wie verschieden sich nun unter der Einwirkung der in den einleitenden Worten hervorgehobenen Thatsachen: Klima, Boden, politische und sociale Verhältnisse, das Verkehrswesen gestaltet, dafür seien hier eine Reihe von Beispielen angeführt. Die thatsächlichen Angaben sind verschiedenen Quellen, namentlich auch der vom Deutschen Reichspostamt herausgegebenen Zeitschrift: Archiv für Post und Telegraphie entnommen. Irgend welche Vollständigkeit konnte dabei schon aus Rücksicht auf den Raum nicht angestrebt werden, vielmehr handelte es sich darum, die verschiedenen Entwickelungsstufen und Gegensätze gleichsam beispielsweise neben einander zu stellen.

*) Die Zunahme der gesammten Schienenwege der Welt wird für 1886 auf 21,000 km angegeben.



Island. Der Flächeninhalt der Insel wird auf 104,785 □ km angegeben, wovon jedoch nur 42,000 □ km bewohnbar; es sind dies der Küstensaum, die unteren Theile der Flussthäler und die Tiefebenen. Die Zahl der Bewohner ist 72,400; ihre Hauptbeschäftigungen sind Viehzucht und Weidewirthschaft, sowie Fischerei. Wolle, gedörrte Fische, Thran, Talg und Vogelfedern sind die Hauptausfuhrgegenstände. Die Verbindung Islands mit Dänemark (Kopenhagen) und Schottland (Lerwick, Shetlandsinseln und Leith) wird des Sommers durch eine monatliche Dampfschifffahrt vermittelt.

Mit Ausnahme von Reykjavik, Akureyri und Isafjördr giebt es keine Städte; ebenso giebt es keine Dörfer in unserem Sinne, der Isländer wohnt auf Höfen, die meist aus mehreren Häusern bestehen. An mehreren Föhrden haben Kaufleute Handelsniederlassungen (Handelsplätze) errichtet.

Man reist in Island zu Pferde; Flüsse werden in der Regel durchwatet oder durchschwommen, Brücken, Fähren oder Böte bieten sich nur ausnahmsweise. Die Beförderung von Waaren geschieht ebenfalls auf Pferden; solche Waarenzüge, ein Pferd hinter dem anderen, bestehen oft aus 40—50 Pferden. Auf öden Haiden oder Halden finden sich Ruheplätze und Haltestellen. In beweglichem Sande verweht die Spur der Pferde; um nun bei trübem Wetter die Richtung behalten zu können, sind in Abständen Steinpyramiden errichtet. Einen Gasthof findet man nur in Reykjavik, doch gewähren Prediger und Bauern dem Reisenden Aufnahme und Verpflegung gegen Vergütung.

Dänische Colonieen in Grönland. Die Beförderung der Post, von Personen und Waaren, geschieht zu Wasser in Fahrzeugen, den bekannten Kajaks und Umiaks; im Winter wird für gewisse Strecken der Schlitten benutzt. Das Innere von Grönland, Eisplateaus und Gletscher am Rande, ist bekanntlich unbewohnt; das gletscherlose Gebiet wird auf 88,100 □ km, die Zahl der Bewohner (Eskimos und eine kleine Anzahl Europäer) auf 10,000 angegeben. Die Verbindung mit der übrigen Welt wird zunächst durch Segelschiffe der Dänisch-grönländischen Handelsgesellschaft, — welche von Kopenhagen ausgehen und dahin zurückkehren, — sodann durch Schiffe, welche in Ivigtuk (Grönland) Kryolith verladen, endlich durch englische und einzelne amerikanische Walfangdampfer vermittelt; selbstverständlich finden diese Fahrten nur im Sommer statt. Die beiden Colonieverwalter in Godthaab

und Godhavn sind gleichzeitig die Postvorsteher, sie schicken die mit dem Schiff angekommenen nach anderen Orten bestimmten Sendungen mit Kajaks ab; die Beförderung erfolgt für Rechnung der grönländischen Handelsgesellschaft, Jedermann kann Privatbriefe portofrei mitsenden. Nicht jedes Mal nach Ankunft eines Schiffes aus Dänemark wird die Post weiter befördert, vielmehr geschieht dies regelmässig nur drei Mal jährlich, nämlich im Winter oder Frühling, im Sommer und im Herbst zwischen Godthaab und Godhavn über die dazwischen liegenden Ortschaften der Colonie und zurück. Eine Ausnahme wird mit der nördlichsten Colonie, Upernivik, gemacht, von welcher aus nur einmal jährlich, im Februar, eine Post zu Schlitten nach Umanak befördert wird. Die Inspectionsreisen der Beamten, sowie die Reisen der Prediger und Aerzte bieten ein gutes Mittel zur Beförderung von Briefen. Während des Winters tritt in den Verkehrsverhältnissen ein erheblicher Unterschied zwischen dem Norden und dem Süden der Colonie hervor. In Südgrönland hört dann wegen des sehr unbeständigen Wetters und der häufigen Schneestürme fast alle Verbindung auf. In Nordgrönland dagegen, wo der strenge, beständige Winter eine dauernde und feste Eisbahn schafft, wird durch Hundeschlitten eine schnelle und leichte Verbindung zwischen den einzelnen Orten der nördlichen Colonie hergestellt. Der eingeborne Grönländer fährt selten mit mehr als vier bis sechs Hunden, die Fahrt wird über das Meereis, oder, wenn die Beschaffenheit des letzteren dies nicht zulässt, über Land genommen. Bei guten Hunden und ebenen Wegen können vier dänische Meilen (à 7,54 km) in der Stunde zurückgelegt werden.

Reisen der Tschilkat-Indianer im südöstlichen Alaska. Die Tschilkats besorgen den Zwischenhandel zwischen dem Inneren und der Küste. Sie unternehmen in jedem Jahre ausgedehnte Handelszüge in das Stromgebiet des Jukon und zur Jakutat-Bai. Tabak, Zucker, Mehl, wollene Decken, bunte Zeuge, Pulver, Blei werden mit Proviant (Lachsen, Fischthran, Mehl) in grosse Bündel gepackt, die mittelst breiter lederner Tragriemen über Stirn und Brust auf dem Rücken getragen werden. Ganz erstaunliche Lasten, bis 100 Pfund und darüber, schaffen so die Tlinkit-Indianer auf steilen Gebirgspfaden und über weite Schneefelder hinweg mehrere Tagereisen weit in das Innere. Im Winter wird der ganze Weg auf Schneeschuhen zurückgelegt, Schlitten

sind nur wenig in Gebrauch. Auch im Sommer wird stets eine grössere Reise unternommen. Der Weg ist je nach der Jahreszeit verschieden. Er führt in der Thalsohle der Küstenflüsse hinauf und ist hier im Ganzen wohl ausgetreten; auf der Hochebene jedoch, wo sich bei Schneefall die Spuren verlieren würden, hat man ihn durch Merksteine gekennzeichnet. Die Lagerplätze werden so gewählt, dass Wasser und Feuerung in der Nähe vorhanden; sie sind an aufgerichteten flachen Steinen kenntlich. Flüsse werden möglichst nahe ihrem Ursprunge überschritten; droht die Strömung den schwer bepackten Tlinkit niederzureissen, so wird eine Kette gebildet von einigen Personen, die sich auf Stangen gegen die Strömung stützen und so den unterhalb vorbeipassirenden Trägern einen Halt gewähren. (Dr. Aurel Krause, die Tlinkit-Indianer S. 191 u. ff.)

Im östlichen Theil der Balkan-Halbinsel ist die von Natur geringe Wegsamkeit durch die Kunst bis jetzt nur wenig verbessert. Es giebt nur wenige Strassen von fester dauerhafter Grundlage und diese werden ungenügend in Stand gehalten. Die weitaus grösste Zahl der Landverbindungen besteht aus einfachen auf dem natürlichen Boden führenden Fahrwegen, welche meist ohne jede sichtbare Spur der Erhaltung sind und zur Zeit der Frühjahrsniederschläge von schweren Fuhrwerken überhaupt nicht passirt werden können. In den Gebirgsgegenden finden sich meist nur Saumpfade für Lastthiere vor. Die landesüblichen Verkehrsmittel bestehen im Flachlande zum grössten Theile aus kleinen zweirädrigen Karren von plumper Bauart, deren Räder gänzlich unbereift sind. Als Zugthier wird am häufigsten der überaus starke schwarze Büffel verwendet, daneben kommen aber auch Ochsen in Gebrauch. Die zweirädrigen Karren werden in der Regel mit zwei Zugthieren bespannt, sie vermögen nur 1 bis $1^1/_2$ cbm zu fassen und haben je nach der von den Witterungsverhältnissen abhängigen Festigkeit des Weggrundes eine Tragfähigkeit von 250 bis 400 kg. Die Beweglichkeit eines Büffelgespannes ist sehr gering und zwar sowohl wegen des langsamen Schrittes dieser Thiere, als auch deshalb, weil dieselben in der heissen Jahreszeit nach je 3 bis 4 Stunden Marsch ausruhen und in den längs des Fahrwegs eigens hergerichteten Tümpeln im Schlamm und Wasser liegen müssen, um sich abzukühlen. Hiernach kann man annehmen, dass solch' ein landesübliches Fuhrwerk an einem Tage bei vollkommen ausgetrockneten Wegen

durchschnittlich kaum mehr als 2 Meilen oder 15 km zurückzulegen vermag. Nur in den grösseren Städten von Bulgarien findet man in neuerer Zeit auch schon durch Pferde gezogene Lohnfuhrwerke vor. Im Balkangebirge bestehen die Verbindungen aus Reit-, Saum- und Fusswegen, seltener aus sehr beschwerlichen Karrenwegen. Es werden daselbst fast ausschliesslich Pferde, seltener Esel zum Tragen der Lasten verwendet. Die durchschnittliche Last wiegt 100 Oka oder 115 kg.

Die muhammedanischen Einwohner der kleineren Orte pflegen zu gewöhnlichen Zeiten, in Ausführung der Vorschriften des Korans und des ergangenen Gebots der ottomanischen Regierung, Reisende nicht nur bei sich zu beherbergen, sondern ihnen auch Nahrung zu verabreichen und einen Platz am wärmenden Feuer einzuräumen; Hans oder Einkehrhäuser sind im Orient in der Regel nur in den grösseren Ortschaften vorhanden.*)

Verkehrswesen in China. In China besteht eine Staats- oder Reichspost und es giebt daneben Privat-Posteinrichtungen. Die Reichspost, welche unter dem Kriegsministerium steht, ist in zwei Abtheilungen: die gewöhnliche oder Boten-Post und die Schnell- oder Eil-Post gegliedert. Die Reichspost dient nur Staatszwecken, die Benutzung derselben durch die Bevölkerung ist nicht gestattet. Die Botenpost, welche nur in den 18 Provinzen des eigentlichen China besteht, befördert die ihr anvertrauten Sendungen durch Kuriere zu Fuss von Station zu Station. Die Verwaltung der Botenpost ist Sache der einzelnen Kreis-Polizeirichter, Districts- und Stadtmagistrate. Die Boten gehören meist dem Soldatenstande an und stehen an den meisten Stationen unter einem Botenmeister. — Die Eilpost zieht den gesammten Umfang des chinesischen Ländergebiets in ihren Bereich; sie entsendet ihre Pferde von den Ufern des Amur bis zu denen des Song-ka, sie überschreitet die mongolische Wüste, sie verbindet die Zelte der Nomadenstämme des Kuku-nor mit den Palästen der Hauptstadt, eilt auf zwei grossen Heerstrassen an beiden Abhängen des Tiën-schan-Gebirges dahin und überbringt dem chinesischen Residenten in Tibets Hauptstadt, Lhasa, die Befehle des Kaisers. Das Pferd und das Kameel stehen in ihrem Dienst, ihre Karrentransporte beleben die Landstrassen, Hunderte von Eilpostböten

*) Vergl. A. Tuma, Der östliche Theil der Balkanhalbinsel, Wien 1887 und Archiv für Post und Telegraphie, October 1887, S. 607.

befahren die Wasserstrassen des Landes. Sie beschränkt sich nicht auf die Beförderung von Depeschen; sie schafft die Steuerbeträge aus allen Theilen des Reichs nach der Hauptstadt, escortirt Verbrecher, geleitet mongolische Fürsten nach Peking und überbringt die Huldigungsschreiben der Könige von Birma und Annam. Die am meisten betretene Poststrasse vermittelt die Verbindung zwischen dem eigentlichen China und der Mongolei. Sie führt von Peking aus auf der durch Prschewalski u. A. bekannten Route nach Kalgan, von da mittelst der Etappenämter weiter in nordwestlicher Richtung nach dem schon tief in der Mongolei gelegenen wichtigen Knotenpunkte Sair-ússu. Hier theilt sich die Strasse, die eine geht nördlich über Urga nach Maimatschén und Kiachta, die andere westlich nach Uliássutai und Kobdo. Noch vier andere grosse Strassen führen zu den Zeltlagern der Nomaden; zu den Stämmen am Kuku-nor gelangt man durch die Sining-Pässe. Nach Tibet führen zwei Poststrassen. Eine Poststrasse von imposanter Längenausdehnung ist ferner diejenige, welche bei Peking anfangend, später dem Lauf der grossen Mauer folgend, durch die Provinzen Tschi-li, Shan-si, Shen-si und Kan-su, an der Westgrenze des inneren Kan-su das eigentliche China verlässt, sodann dem Tian-schan zustrebt und endlich auf beiden Seiten mit mannigfachen Verzweigungen im Norden nach Tarbagatai und Jli, im Süden nach Yarkand, Kaschgar und Khotan führt.

Das Personal und die Vehikel der Kaiserlich chinesischen Post veranschaulicht in einer grösseren Anzahl von Modellen die Sammlung des Kaiserlich Deutschen Postmuseums in Berlin sehr vollständig. Wir finden hier das „Tausendmeilenpferd“, einen Fussboten mit dem Postfelleisen, das mit einem über der Brust zusammengeknoteten Tuch auf dem Rücken festgehalten wird, einen berittenen Kaiserlichen Cabinetskurier und eine grosse Anzahl Modelle von Böten und Schiffsgefässen aller Art, wie sie zur See und auf den zahlreichen Binnen-Wasserstrassen des eigentlichen China gebraucht werden: Reis- und Theeböte, Dschunken, Passagierschiffe, Zucker- und Papierböte, Flösse aus Bambu-Stäben, Stromschnellenböte von eigenartiger Bauart, den venetianischen Gondeln ähnliche Postböte, ferner die plumpen Handelsfahrzeuge, Hafenböte und Catamarangs (Bambu-Flösse der Küstengewässer), die verschiedenartigsten Fortschaffungsmittel zu Lande: Ochsenwagen, die zweirädrigen Leiterwagen des nörd-

lichen China, gezogen von einem Stier und als Vorspann von einem Pferd, einem Esel und einem Hund, Schiebekarren, urthümliche zweirädrige von einem Büffel gezogene Fuhrwerke, Sänften- und Sesselträger u. A.

Neben der Kaiserlichen Post, deren Benutzung durch das Publikum, wie bemerkt, ausgeschlossen, besteht eine Privatpost. In jeder chinesischen Stadt von einiger Grösse befinden sich, wie der englische Consularbeamte Giles berichtet, einige Postämter, von denen jedes einer oder mehrerer Provinzen vorsteht, nach und von denen es Briefe und kleine Packete befördert. Die Sicherheit der anvertrauten Gegenstände wird verbürgt und etwaiger Verlust ersetzt; die Portosätze sind sehr gering. Die Briefträger sind Fussboten oder sie benutzen Esel. Mit 80—90 Pfd. in einem leinenen Sack verwahrten Postgepäcks trotten diese Männer eine Meile in der Stunde und werden in der nächsten Station sofort von dem Nachfolger abgelöst. Etwaige Wegelagerer werden durch Zahlung einer Entschädigung fern gehalten oder die Boten ziehen mit einem Trupp Bewaffneter, die sie geleiten und gegen Ueberfälle schützen.

Madagaskar. Der Transport von Menschen und Waaren geschieht nicht durch Fuhrwerke und Zugthiere, sondern durch Menschen. Fahrstrassen giebt es so gut wie gar nicht. Das in ganz Madagaskar übliche Vehikel für die Personenbeförderung ist für Männer das Filanjána oder Takon, ein an langen Stangen befestigter Tragsessel mit Rückenlehne, Taschen, Fussgestell, einem Sonnenschirm und Stück wasserdichten Zeuges als Schutzdecke bei Regen; der Palankin der Frauen ist ein Korb aus einem Geflecht von Schaffell. Diese Palankins werden von vier starken Trägern getragen, die von Zeit zu Zeit die Tragstangen von einer Schulter auf die andere wechseln und in einem kurzen Trabe laufend auf mässig ebenen Boden 9,5 km in der Stunde zurücklegen. Die gewöhnliche Dauer einer Tagereise ist sechs bis sieben Stunden. Gasthäuser giebt es nicht, daher muss der Reisende ein Bett und ein Zelt mit sich führen. Der Gebrauch von Reitthieren, — Ochsen und Pferden, — ist in Madagaskar ziemlich häufig.

Die Kanus, die auf den Flüssen und Seen Madagaskars benutzt werden, sind aus einem Baumstamme ausgehöhlt; die grössten sind etwa 40 Fuss engl. lang, 3 Fuss breit und ebenso tief; sie werden gerudert. Andere auf Flüssen der Südostküste

gebrauchte Fahrzeuge bestehen aus einer Anzahl von Bambustäben, die an einem Ende zusammengebunden, am anderen sich fächerartig ausbreiten. Die Kanus der Sakalaven sind meist mit einem Ausleger versehen, zum sicheren Befahren der unruhigen Gewässer in den breiten Buchten und Einschnitten der Nordwestküste.

Verkehrsverhältnisse auf den Philippinen-Inseln. Die günstige Küstenentwickelung und Gruppirung der Inseln macht den Verkehr derselben unter einander und mit dem Auslande sehr leicht. Die Verbindung zwischen der Küste und dem Inneren ist bei Inseln von geringer Ausdehnung leicht; die grösseren Inseln haben natürliche Wasserwege, auf denen die Erzeugnisse des Landes zur Küste gebracht werden können. Landstrassen giebt es nur wenige und diese sind zur Regenzeit fast unpassirbar. Eisenbahnen sind im Bau und von Manila geht ein jetzt von der spanischen Oceandampfer-Gesellschaft Transatlántica übernommenes Netz von Küsten-Dampferverbindungen aus, das an fremde europäische Dampferlinien anschliesst, aber neuerdings auch mit dem spanischen Mutterlande durch eine directe Linie in Verbindung steht.

Persien. Vor einigen Jahren berichteten englische Reisende in einer Sitzung der geographischen Gesellschaft in London über das Verkehrswesen in Persien. Darnach giebt es wohl kaum ein Land von ähnlicher Grösse und Bedeutung, das so arm an Fortschaffungsmitteln wäre wie Persien. Wagen sind thatsächlich unbekannt, nur auf der Strecke von Kaswin nach Teheran ist ein Troikadienst nach russischer Art eingerichtet worden. Die Karawanenrouten sind eben nur Spuren, welche Jahrhunderte hindurch die Züge von Maulthieren oder Kameelen auf steilen und steinigen Bergrücken und sandigen Ebenen zurückgelassen haben; Brücken sind selten, wo sie am nöthigsten wären, findet man nur die Ruinen mächtiger Bauwerke aus früherer Zeit. Der je nach seinem Rang auf dem Pferde, dem Maulthiere, Esel oder Kameel Reisende legt durchschnittlich täglich etwa 20 englische Meilen zurück; wohl ihm, wenn er den winterlichen Schneetreiben, den Fluthen der Bergströme im Frühling und dem Sonnenstich des glühend heissen Sommers entgeht. Auf den Hauptrouten trifft man in Entfernungen von 10—20 englische Meilen Karawanserais oder Nachthäuser, leere Räume für die Unterkunft. Es giebt im persischen Binnenlande nur eine einzige

schiffbare Wasserstrasse, der Karun, welcher bei Mohammerah mit dem in den persischen Meerbusen mündenden Schatt el Arab in Verbindung steht. Die persischen Häfen des kaspischen Meeres werden regelmässig von russischen Dampfern besucht. Am persischen Meerbusen ist der einzige persische Hafen Buschir. Die Hauptverkehrsrouten werden in Stolze und Andreas, Die Handelsverhältnisse Persiens,*) näher dargelegt. Für den nordpersischen Verkehr war früher Täbriz der Centralpunkt, indem von dort die Karawanen sowohl nach Trapezunt, als nach Tiflis gingen. Bei Vollendung der russischen Bahn Poti—Baku und deren Eröffnung für den europäischen Durchfuhrhandel, wurde der Weg Poti—Baku—Räscht für den grössten Theil von Nord-Persien der bei weitem kürzeste und ihm lenkte sich die grosse Masse des Güterverkehrs zu. Seitdem aber der transkaukasische Verkehr für nichtrussische Güter abermals verschlossen worden ist, fängt die grosse Masse der Güter wieder an, sich unter Benutzung des Fahrwegs Trapezunt—Erzerum über Trapezunt zu bewegen, doch hat diese Route erhebliche Mängel und Schwierigkeiten. Nach Westen und Südwesten führt ein nördlicher, — nach Djarbäkr, — und ein südlicher Weg von Teheran nach Bagdad. Nach Süden ist die Hauptroute Buschir—Schiras—Isfahan; im ersten Dritttheil dieses Wegs sind beschwerliche Pässe. In zweiter Linie steht für den europäischen Verkehr die Route Bändär Abbas—Kirman—Jäzd.

Bezüglich des Telegraphenwesens in Persien ist bereits der durch Persien gelegten Linie der Indo-European-Telegraph-Company gedacht. Auf der ganzen Linie durch Persien gehört der dritte Draht der persischen Regierung. An diese grosse centrale Ader schliesst sich ein System reinpersischer, von der persischen Regierung erbauter und unterhaltener Linien, deren Gesammtlänge auf 3532 km angegeben wird.

Für die Personenpost bestehen nach der oben citirten Quelle 11 Pferdepostlinien, auf welchen in Posthäusern dem Reisenden Pferde bis zur nächsten Station geliefert werden. Die Briefpost wurde im Jahre 1876 unter Aufwand grosser Energie von einem höheren österreichischen Postbeamten, Gustav Rinderer Ritter von Dachsburg, organisirt. Seit seinem Abgange haben sich die Verhältnisse wesentlich verschlechtert, so dass sich Europäer im

*) Ergänzungsheft No. 77 zu Petermann's Mittheilungen.

Lande bei wichtigeren Sachen noch jetzt mit Vorliebe des Kuriers der englischen Gesandtschaft und des englischen Telegraphen bedienen.

In dem mächtigen ein Areal von 3,580,000 □ km bei 254 Millionen Einwohnern umfassenden britisch-indischen Kaiserreich hat das Verkehrswesen eine gewaltige Umgestaltung durch den Ausbau eines Eisenbahnnetzes erfahren, das, im Jahre 1853 begonnen, im Jahre 1886 bereits eine Länge von 12,376 englische Meilen umfasste, welches in mehreren Transversalbahnen die Halbinsel durchzieht und von der Südküste bis zu den Abhängen des Himalaya reicht.*) Von den Strömen bildet besonders der gewaltige Ganges mit seinen Nebenflüssen eine treffliche Wasserstrasse. Den Seeverkehr längs der Küsten, ferner mit dem persischen Golf, Ostasien, Australien, Ostafrika und mit Europa vermitteln, neben zahlreichen anderen Schiffen, 14 Linien der British-India Steam Ship-Company, welche gegen 80 grössere und kleinere Dampfer besitzt. Zahlreich sind die Beförderungsmittel der britisch-indischen Post, wie sie uns die Modellsammlung des Reichspostmuseums in Berlin veranschaulicht. Da ist zunächst der Hurkara, Postrenner oder Posteilbote mit dem Postfelleisen über dem Rücken, einem Plaid über der Schulter und einem mächtigen Stabe in der Hand; ein als Schwimmer ausgestatteter Postbote, dem der Postbeutel quer über dem Nacken liegt und der, zum Passiren kleinerer Flüsse, ein Netz von Schwimmblasen um die Hüften trägt, ferner der prächtig uniformirte Kameelpostreiter, der zu beiden Seiten des Sattels grosse Postfelleisen führt und nöthigenfalls hinter sich auf dem Sattel noch einen Passagier aufnehmen kann; die Tonga, ein zweirädriger Postwagen mit vier Passagiersitzen, die auf Gebirgswegen benutzte Muree Cart, endlich der ceylonesische Ochsenkarren.

Bemerkenswerth ist der über schwierige Gebirgspässe auf weite Strecken vermittelte Grenz-Verkehr Britisch-Indiens nach Inner-Asien; zum Tragen von Lasten werden hier Menschen, Ponies, Maulesel, Esel, Schafe, Ziegen und Kameele verwendet.

Das Königreich Siam hat sich in neuerer Zeit mehr dem europäischen Verkehr geöffnet, es hat ein geregeltes Post- und

---

*) Eines der bedeutendsten Werke ist die Himalayabahn von Calcutta bis nach dem 7600 engl. F. ü. M. gelegenen Dardschiling.

Telegraphenwesen eingerichtet; die als Verkehrsmittel auf den Flüssen und zu Lande dienenden mancherlei Gefährte, der Reise-Elephant und der reitende Postcurier, wie wir sie in Modellen im Reichspostmuseum finden, geben ein deutliches Bild der verschiedenen Beförderungsweisen von Personen, Gütern und Poststücken.

Japan. Vor der Revolution im Jahre 1868, welche die Eröffnung Japans für den Verkehr und die Umgestaltung der inneren Verhältnisse zur Folge hatte, bestand sowohl eine für das Publikum nicht zugängliche Regierungspost als verschiedene Privatpostanstalten, deren Benutzung sowohl wegen der hohen Portosätze, als wegen sonstiger Mängel dem Publikum wenig Vortheil bot. Im Jahre 1872 wurde ein geregeltes Staatspostwesen nach amerikanischem Muster eingeführt und ein ständiger Postdienst durch das ganze Reich allmählich eingerichtet. Gute Landstrassen durchziehen in verschiedenen Richtungen die Hauptinsel, der inländische Briefverkehr wird durch Boten besorgt, zwei jetzt vereinigte von der Regierung subsidirte Dampfergesellschaften vermitteln in einem sehr ausgebildeten System von Linien den Verkehr längs der Küsten der Haupt-Inseln und zwischen diesen und den zum Reich gehörenden kleineren Inseln, sowie mit Häfen des asiatischen Festlandes. Die grossen europäischen und amerikanischen Dampferlinien, welche den Verkehr mit Ostasien vermitteln, berühren sämmtlich den Haupthafen Yokohama.

In Mexiko hat das Verkehrswesen einen gewaltigen Um- und Aufschwung durch den noch jetzt fortgesetzten Bau von Eisenbahnen erfahren, welche, — 1886 in einer Gesammtlänge von 5762 km, — hauptsächlich durch amerikanisches Capital hergestellt wurden und theils den Landverkehr mit den Vereinigten Staaten erleichtern, theils den Verkehr zwischen Ost- und Westküste vermitteln, theils die wirthschaftlichen Hülfsquellen der einzelnen Provinzen erschliessen.

In Brasilien, dem grössten und zwar durchweg in der heissen Zone belegenen Staate Südamerikas, — 8,337,000 □ km Fläche bei $12^1/_3$ Millionen Einwohnern, — ist das Innere grossentheils dem Verkehr noch nicht erschlossen, ja nicht einmal völlig bekannt. Der Amazonenstrom bietet mit seinen zahlreichen Nebenflüssen ein von der Flussdampfschifffahrt verhältnissmässig noch spärlich benutztes System von Wasserstrassen in einer

Länge von 40,000 km. Die reichsten und bestcultivirten Gegenden sind im Süden und Südosten des Reichs und hier, von wo ein reger Seeverkehr mit Europa und Nordamerika die Erzeugnisse des Landes verführt, findet sich auch ein Anfang 1886 bis zu 7062 km Länge gediehenes Netz von Eisenbahnen, während freilich in den abgelegenen Theilen des Reichs das Maulthier das einzige Fortschaffungsmittel bleibt.

Argentinische Republik. In den letzten 20 Jahren hat sich das Verkehrswesen mächtig entwickelt. Die prächtigen Wasserstrassen des Paraná, Paraguay und Uruguay werden jetzt von einer grossen Anzahl Dampfer (1884: 46) befahren und an 2500 Segelschiffe führen die Erzeugnisse europäischer Industrie nach den Städten des weitverzweigten Flussgebiets. Dem Landtransport dient das stetig sich erweiternde Eisenbahnnetz, dessen Länge um Mitte 1886 5356 km betrug. Im Uebrigen wird der Personentransport durch Postkutschen vermittelt und die Waarenbeförderung geschieht in Ochsenkarren oder durch Maulthiere.

Paraguay. Das Land besitzt nur eine Eisenbahn, welche von Asuncion ausgeht, bis Villa Rica führen soll, jedoch nur bis Paraguary (72,4 km) vollendet wurde. Ausser dieser Bahn giebt es für Personenverkehr nur noch eine regelmässige Landverbindung, ein von Paraguary in südlicher Richtung bis zum Paso (Flussübergang), Santa Maria des Flusses Tebicuary bei Villa Florida zwei Mal wöchentlich verkehrendes Personenfuhrwerk. Den Postverkehr vermitteln, abgesehen von der Bahn und den Stromverbindungen, reitende Boten. Die Strassen sind je nach der Bodenbeschaffenheit mehr oder weniger schlecht. Kunststrassen giebt es nicht, Brücken fehlen, von einzelnen Privatanlagen abgesehen, so gut wie vollständig. Das einzige Landbeförderungsmittel sind die von sechs Ochsen gezogene Karreten. Der Fremde, welcher das Innere des Landes kennen lernen will, reist am besten zu Pferde. Zu Wasser auf dem Paraná bestehen regelmässige Dampferverbindungen, einestheils mit der benachbarten brasilianischen Provinz Matto Grosso, andererseits mit Montevideo.

Weit günstiger stellen sich die Verkehrsverhältnisse in Chile, das, ein langgestrecktes Küstenland überall von der See aus zugänglich, bei einem milden Klima, geordneten staatlichen Verhältnissen und einer tüchtigen Bevölkerung in steter ruhiger Entwickelung der natürlichen Kräfte und Hülfsquellen fortschreitet. Die Länge der chilenischen Eisenbahnen war 1885

2274 km, eine der wichtigsten ist die Strecke Valparaiso—Santiago—Angeles.

Folgende Notizen über Verkehrswesen und insbesondere Eisenbahnen in verschiedenen mittel- und südamerikanischen Staaten bezw. Colonialländern mögen hier angereiht werden: Ende 1885 waren Bahnen in Betrieb:

in Costarica eine Länge von	282	km
„ Guatemala „ „ „	116	„
„ Honduras „ „ „	112	„
„ Nicaragua „ „ „	143	„
„ Salvador „ „ „	46	„
„ Cuba „ „ „	1499	„
„ Jamaica „ „ „	107	„
„ Barbados „ „ „	26	„
„ Martinique „ „ „	194	„
„ Columbien „ „ „	225	„
darunter die Panama-Eisenbahn mit	76	„
in Venezuela eine Länge von	176	„
Die wichtigste Strecke ist hier die Verbindung zwischen der Hauptstadt Caracas und dem Hafen von La Guayra.		
in Uruguay eine Länge von	421	„
In Bolivien sind nur kurze Strecken Eisenbahnen eröffnet, namentlich die Bahn von La Paz nach dem Hafen von Aygacha und der Schienenweg zwischen dem Hafen Antofagasta und Salao.		

Im Uebrigen sind in den genannten in ihren Verkehrsverhältnissen wenig entwickelten Ländern Pferd und Maulthier die Hauptbeförderungsmittel.

Ein sehr mannigfaltiges Bild bieten die Verkehrsverhältnisse im schwarzen Welttheil, wenngleich sie uns für ausgedehnte Gebiete noch nicht entschleiert sind. Im Norden und Süden, in Algerien, Tunis, Aegypten, wie in der Kap-Colonie treffen wir ein geordnetes Verkehrswesen, Posten, Eisenbahnen. Das grosse Innere, so weit es uns bekannt, enthält eine wahre Musterkarte der verschiedenartigsten Beförderungsmittel: Flussfahrt, Kameel, Pferd, Esel, Reitochse Tragmatte u. A. Wenn erst das grosse Werk

der Entdeckung zu Ende geführt, wird neben vielen anderen neu entstehenden Aufgaben auch das Studium der so vielartigen Verkehrsverhältnisse und Verkehrsmittel in Afrika eine Forderung werden, deren Erfüllung im wissenschaftlichen, wie im Interesse des Weltverkehrs liegt. Inzwischen können hier, wie in anderen Theilen der Erde, die Reisenden Bausteine, Material zur Erkenntniss herbeischaffen. Sie werden dann auch nach dieser Richtung als Bahnbrecher der Civilisation wirken.

Auf einer sehr niedrigen Stufe steht das Verkehrswesen in Marokko. Fahrbare Strassen giebt es nicht, die Waaren werden durch Kameel-, Maulthier- und Esel-Karawanen auf das Langsamste befördert. Selbst die Reise von Tanger nach Fez, der Residenz des Sultans von Marokko, hat stets den Charakter einer Expedition, indem der Reisende Zelte, Trag- und Reitthiere und zahlreiche Dienerschaft mitnehmen muss. In Tanger bestehen, in Verbindung mit der englischen und spanischen Gesandtschaft, zwei Postbüreaus für den Verkehr mit Europa. Die Spanier haben eine Postverbindung zwischen Ceuta und — über Tanger — den verschiedenen Küstenplätzen am atlantischen Ocean bis nach Mogador hergestellt und zwar werden die Briefe durch Boten, die gewöhnlich einen Soldaten als Schutz bei sich haben, von einer Stadt zur anderen getragen. Der Nachrichtenverkehr des Sultans, seiner Gouverneure und sonstigen Beamten wird durch reitende oder Fuss-Boten vermittelt und eben solcher Boten bedienen sich auch die europäischen, maurischen und jüdischen Kaufleute im Lande. Dr. Jannasch, der im Frühjahr 1886 einen grossen Theil von Marokko als Gefangener durchzog, begegnete vielen solcher Boten. Er erzählt: „Sie waren mit der Djellaba (einer Art Burnus mit Kapuze) und einem Stück blauen englischen Baumwollenzeugs bekleidet; die Briefe hatten sie in ihrem Gewand oder einer kleinen Palmtasche. Sie führten keine andere Waffe als ihren Dolch und einen kräftigen Stock. Einige Hände voll Datteln und ein kleines Säckchen Gerstenmehl, sowie ein kleiner Ziegenschlauch, welcher vor dem Betreten wasserloser Gegenden mit etwas Wasser gefüllt wurde, bildeten ihre gesammte Reiseausstattung. Mit dieser wanderten die Leute barfuss und unbedeckten Hauptes in der glühendsten Sonne dahin, in bewohnten Gegenden die Gastfreundschaft der Hirten wie der sesshaften Bevölkerung in Anspruch nehmend. Kein Gebirg, keine Steppe, keine Wüste hemmt den Lauf dieser Boten, die reissendsten

Flüsse durchschwimmen sie, nachdem sie ihre geringen Habseligkeiten zusammengebunden und auf dem Kopf befestigt haben. Vor keiner Entfernung und sei dieselbe noch so gross und noch so schwierig zu überwinden, schrecken sie zurück; ohne weitere Vorbereitung, mit einem merkwürdigen und findigen Ortssinn ausgestattet, dehnen sie ihre Reisen bis nach Timbuktu und Senegambien aus."

Hoffentlich erfüllen die vorstehenden Andeutungen den mit denselben lediglich erstrebten Zweck, den wissenschaftlichen Reisenden zur Beobachtung des Verkehrslebens anzuregen.

Hydrographische und Magnetische Beobachtungen an Bord.

Von

Dr. G. Neumayer.

(Mit einer Karte und einem lithographirten Plan.)

I. Hydrographisch-Meteorologische Aufgaben.

Nachdem in den Abschnitten über Nautische Vermessungen und Oceanograpische Aufgaben das Wesentlichste von dem, was daraus zum Gebiete der Hydrographie gerechnet werden kann, bereits behandelt worden ist, soll nun noch Einiges zur Ergänzung des in jenen Abschnitten Erörterten und zwar über Hydrographisch-Meteorologische Beobachtungen besprochen werden. Die hierbei zu behandelnden Gegenstände sind der Natur der Sache gemäss besonders für Reisen zur See berechnet, und sollen zwar nach einzelnen Richtungen der physikalischen Forschung hin, die in diesem Werke vertreten sind, Ergänzungen oder Erläuterungen für die Zwecke der Beobachtung zur See gegeben werden. Es wird das dazu dienen, damit auch der Nichtseemann im Stande sei, werthvolles Material zu sammeln, was in diesem Falle mit um so mehr Eifer betrieben werden dürfte, als die Wechselwirkung zwischen Bereicherung der Wissenschaft und Verwerthung des Gewonnenen zum Besten der Navigation sofort einem jeden einleuchtet. Dass bei einem solchen Umfang des zu besprechenden Materials an eine gründliche, in das Detail eingehende Behandlung des Gegenstandes nicht gedacht werden darf, versteht sich wohl von selbst. Es handelt sich hier viel-

mehr darum, in allgemeinen Zügen die Aufgaben zu bezeichnen, die der Pflege des Reisenden empfohlen werden sollen, gewisse Fragen zu stellen und deren eingehendere Bearbeitung anzuregen und in gewissem Sinne einzuleiten. Wenn es dem Verfasser gelingen sollte diesen ausgesprochenen Zwecken gerecht zu werden, so wird er auch seiner Wissenschaft dadurch einen wesentlichen Dienst geleistet haben. Es beziehen sich diese Bemerkungen vorzugsweise auf jenen Theil dieser Forschungen, welcher die Lehren der Meteorologie den Zwecken des Seeverkehrs dienstbar zu machen den Beruf hat. Die maritime Meteorologie und die Ausführung von Reisen unter Benutzung der von der Natur gebotenen und frei zur Verfügung gestellten Kräfte können auch von dem Reisenden, der nicht in Verbindung mit einem grösseren Beobachtungssysteme steht, gefördert werden. Wie dies am zweckmässigsten zu geschehen habe, werden wir an der geeigneten Stelle im Verlaufe dieser Auseinandersetzungen des Näheren erörtern.

1. Hydrographisch-meteorologische Verhältnisse; Wirkung des Windes auf den Ocean.

Die gründliche Kenntniss der meteorologischen und klimatischen Factoren ist zum Verständniss der Hydrographie eines Meeres, einer Küste oder eines Litorale eine Nothwendigkeit. Daher ist der Reisende vorzugsweise darauf hinzuweisen, sich diese Kenntniss zu erwerben, und sind die hydrographischen Aufgaben, die verschiedenen Fragen, welche sich dem Beobachter darstellen, auch von diesem Standpunkte aus zu bearbeiten. Dies gilt sowohl von den Beobachtungen zum Vortheile der Navigation und auf offener See, sowie von den Erhebungen an einer Küste, in Buchten und in Strassen. Unter einer Beleuchtung dieser Art ergiebt sich die Erklärung hydrographischer Verhältnisse in vieler Hinsicht von selbst, während der Reisende, wollte er ohne dieses Hülfsmittel an die Untersuchungen schreiten, unfehlbar vielfach irregeleitet würde. Zunächst hat man darüber klar zu werden, in welchem System der Luftbewegung das der Beobachtung und hydrographischen Bearbeitung zu unterwerfende Oceanische Areal liegt:

1. Liegt dasselbe im Systeme der alternirenden, vorzugsweise von Westen einsetzenden Winde?

2. Gehört dasselbe zum Gebiete der Monsune, d. h. der jahreszeitlich meist von April-October und November-März wehenden Winde?
3. Liegt es in dem Gebiete beständig wehender östlicher Winde innerhalb der Passatregionen,
4. Im Gebiete eines anderen beständig wehenden Luftstromes
5. Im Gebiete der Calmen und zwar welcher: jener zwischen den beiden Passatregionen oder jener an der Polargrenze der Passate in beiden Hemisphären?
6. Welcher Natur sind die auftretenden Stürme, zeigen dieselben innerhalb des Jahres eine Periode, und haben sie mehr den Charakter tropischer Orkane — nämlich den scharfen Gegensatz der sonstigen Beständigkeit des Wetters, die ausgesprochene drehende Bewegung, die Regengüsse und den Mangel eines Temperaturumschlages — oder den mehr unregelmässigen Charakter der Stürme gemässigter und höherer Breiten mit nachfolgender Abkühlung?
7. Folgen die Stürme (atmosphärischen Depressionen) bestimmten Zugstrassen (Meteorologie, Seite 352 d. Bds.), mit welcher Geschwindigkeit bewegen sie sich auf denselben, welche Tiefe haben sie und welche Richtung ist die vorherrschende? Wie gross ist im Durchschnitt das Depressions-Gebiet und giebt es bestimmte Anzeigen für das Herannahen einer starken Depression (Cirrus-Wolken, deren Gestaltung, Form und Richtung)? (Meteorologie, Seite 352 und 353 dieses Bandes.)
8. Zeigt der Wind eine ausgesprochene tägliche Periode in Beziehung auf seine Stärke und seine Richtung, und welches sind die Wendestunden der täglichen Periode?

Obgleich diese Fragen in das Gebiet der Meteorologie gehören, muss der Hydrograph den mit denselben verknüpften Untersuchungen gründliche Beachtung zuwenden und namentlich in einem jeden einzelnen Falle die Orientirung der Küste, die Lage derselben mit Rücksicht auf diese Phänomene in Erwägung ziehen.

Eine andere Frage ist: Verschieben sich die Grenzen eines bestimmten Gebietes und welchen Einfluss übt eine solche

Verschiebung, wenn sie stattfindet, auf die allgemeinen Erscheinungen aus?

Findet in einem Gebiete rasches, plötzliches Umspringen des Windes statt und, wenn so, von welcher und nach welcher Richtung? Knüpft sich dieselbe an eine bestimmte Periode im Jahre, an eine bestimmte Tageszeit und welcher Art ist ihr Einfluss auf den Zustand des Meeres?

Man beachte besonders auch locale Stürme und ihren Charakter, ihre Richtung und ihren nothwendigen Einfluss auf hydrographische Verhältnisse. Solche Betrachtungen sind von besonderem Werthe für Küstengebiete; man erwäge dabei die Erstreckung der Küste und ihre Höhenprofile mit Bezug auf die angeführten Systeme der Luftbewegung. Die Ermittelung der vorherrschenden Windrichtung ist zum richtigen Beurtheilen der hydrographischen Verhältnisse von grosser Wichtigkeit. Einer der folgenden Abschnitte wird von der Wirkung des Windes auf den Ocean zu handeln haben, sofern dadurch eine Verschiebung der Wassermassen nach Lee bedingt wird, hier soll zuerst Einiges über die Wirkungen des Windes in verticalem Sinne, d. h. von jenen Wirkungen gesagt werden, welche in der Wellenbewegung erkennbar sind. Fragen über die Tiefe, bis zu welcher diese Wirkung im Ocean wahrzunehmen ist, sind für die Ausbildung einer allgemeinen Theorie der Strömungen wesentlich.

Seegang, Dünung (Swell) Richtung derselben und Höhe, namentlich wenn dieselben, wie in manchen Gegenden (Westküste von Afrika), einen eigenthümlichen Charakter annehmen, verdienen eine ganz besondere Beachtung. Die Woge, die Welle, ihre Gestaltung und Höhe, ihre Richtung, Schnelligkeit der Fortpflanzung, die Dauer ihrer einzelnen Oscillationen müssen beobachtet werden; wie dies zu geschehen hat, lehren Specialwerke über Oceanographie. Welche Veränderungen bringen die bezeichneten Elemente in einzelnen Gegenden auf den Charakter der Wellenbewegung überhaupt hervor? (Siehe Krümmel, S. 496 u. ff. d. Bds.)

Folgen die Wogen rasch aufeinander; wie weit sind die Wellenköpfe (Rücken) von einander entfernt und sind die aufeinanderfolgenden von gleicher Höhe, oder zeigen sie Ungleichheiten und wie liegen solche in der allgemeinen Reihe vertheilt? Ist jede dritte, vierte u. s. w. höher oder niedriger?

Während diese Wogenerscheinungen und deren Elemente mehr den regelmässigen Verlauf bezeichnen, haben wir es auch mit anderen zu thun, die in gewissem Sinne als Störungen, als unregelmässig wirkende Momente zu bezeichnen sind.

Kreuzsee, kurze See, wilde, verworrene See. Scheinbar regellos über einander fallend, bilden sich, wo diese Art der Wellenbewegung sich zeigt, weisse Köpfe? Man beobachte, ob es sich hier in Wirklichkeit um eine regellose Erscheinung oder nicht etwa um eine Interferenz der Wellen handelt, wie sie durch einen, mit Wirbelstürmen verknüpften, raschen Wechsel der Windrichtung oder durch Reflexion erklärbar wäre.

Ueberschlagende Kämme, welche durch die Wirkung des dem Wellenschlage entgegen gesetzten Windes in das rückwärts gelegene Wellenthal zurückstürzen, nennen die Seeleute auch „Muhrsee", während sie die durch den auflandigen Wind zerstörten, reflectirten Wellen „Widersee" nennen.

Kabbelung (ripples) wird durch die widerstreitende Wirkung zweier Ströme — etwa den durch den Wind erzeugten Oberflächenstrom und entgegenwirkende Gezeitenströmungen — erzeugt; es kann diese Bewegung stellenweise sehr heftig und der Aufwallung des kochenden Wassers sehr ähnlich werden. Ist damit jedesmal ein Geräusch verbunden und kann man, je nach den Entstehungsursachen, verschiedene Arten von Kabbelung unterscheiden? Hierfür sind besonders lehrreich Beobachtungen, die in Strassen und da ausgeführt sind, wo sich zwei Strassen (Meerengen) treffen.

Während im offenen Oceane die Erscheinungen, welche im Vorhergehenden geschildert wurden, sich zeigen, erkennt man in der Wellenbewegung an Küsten die Folge von Hindernissen, die sich derselben entgegenstellen: die Brandung, das Brechen der Wogen. Dieselben sind an Flachküsten verschieden von jenen an Steilküsten. Im ersteren Falle verursacht die Reibung des bewegten Wassers am Boden des Meeres eine Verzögerung in der Bewegung und ein Ueberstürzen der Wellenköpfe und daher die eigenthümliche Erscheinung der lang ausgedehnten, übereinanderstürzenden und ein stetes Geräusch (Rauschen) verursachenden Wogenreihen. Ist diese Erklärung stichhaltig oder ist dem von Hagen gegebenen Brandungsvorgang, wonach die Tiefe an der betreffenden Stelle nicht

ausreicht, um die volle Oscillation der Welle ungebrochen vor sich gehen zu lassen, der Vorzug zu geben? An Steilküsten, an einzelnen Felsen und Leuchtthürmen, prallt die ungebrochene Woge gegen das Felsengestade an und erhebt sich als Klippenbrandung zu grösster Höhe. Je nach der Art der Brandung bietet die See ein eigenes Aussehen, und es ist namentlich auch nach dem Boden des Meeres, ob Sandbänke, Korallengebilde u. s. w. denselben decken, die Farbe desselben verschieden. (Siehe Krümmel, Seite 501, d. Bds.)

Die mächtigen Wogen, die sich dem Gestade zuwälzen und an einigen Küsten ein beständig zu beobachtendes Phänomen darbieten (Kalema), nennt man „Roller" und sollte man nicht versäumen die Periode ihrer Aufeinanderfolge zu beobachten.

Wichtiger als diese äusserliche Erscheinung ist für den Hydrographen die Wirkung der Brandung auf die Küste, welche er aufzunehmen und zu beschreiben hat. Die zerstörende, verändernde Wirkung ist im Allgemeinen am stärksten über der mittleren Wasserlinie und auf der Wetterseite. Man erkennt aus derselben, ob durch das Hinwegführen (Hinwegspülen) von Erdreich Plateaus gebildet werden, wie dies oft an Leeküsten der Fall ist, während sich an flachen Wetterküsten Erdreich ansetzt und Riffe bildet. Zur Beurtheilung der Eigenschaften einer Küste mit Rücksicht auf die Anforderungen der Schifffahrt ist die genaue Beobachtung der bezeichneten Erscheinungen von Bedeutung.

Die Bildung von Terrassen (Plateaus) auf Steilküsten und von Nehrungen auf Flachküsten muss vom Hydrographen beobachtet werden, weil davon häufig die Tauglichkeit derselben für Ankergründe, Häfen u. s. w. abhängig ist. (Siehe Geologie, S. 260 d. Bds.)

An Küsten spielen überdies die Niederschlags- und Regenverhältnisse eine Rolle, und zwar mit Beziehung auf die Gestaltung des Gestades; dies gilt vorzugsweise von Flussmündungen. Hier fragt es sich: ist der niederfallende Regen gleichmässig über das Jahr vertheilt, oder fällt er in Perioden oder plötzlich und heftig, so dass dadurch Ueberschwemmungen verursacht werden. Im letzteren Falle ermittele man die Jahreszeit, in welcher solche eintreten.

Auch die Temperaturverhältnisse haben auf Küstenbildung einen bestimmenden Einfluss. Welcher Art sind die-

selben? Namentlich bedarf das Eis, sowohl das Treibeis, wie solches, welches sich in Buchten, in Flussmündungen an einer Küste bildet, einer gründlichen Beachtung. Hierbei ist die Gestaltung der Küste in Erwägung zu ziehen, so wie die orographischen Verhältnisse im Allgemeinen. Welche Wirkung äussern die Gebirge im Litorale und zwar mit Rücksicht auf die allgemeine Küstenerstreckung und die herrschenden Winde? Wie weit sind die höchsten Höhen von dem Ufer entfernt; steigt das Land in Vorgebirgen plötzlich auf, oder erhebt es sich terrassenförmig nach Innen zu? Zeigt das Profil tiefe, schroffe oder flache und abgerundete Einschnitte? Oder bilden die Höhenzüge allenthalben einen Rücken (Grat) von gleicher oder nahezu gleicher Höhe? Vertonungen (siehe Nautische Vermessungen, Seite 432 und 433 dieses Bds.) sind von grossem Werthe, mit Rücksicht auf die Schilderung dieser Verhältnisse. Man beachte die Gesteinsart und besonders, ob die Küste vielfach Gebilde vulcanischer Natur zeigt.

Eine Gattung der Wellenbewegung muss hier noch erwähnt werden, obgleich dieselbe nicht im strengsten Sinne zu den hier darzulegenden klimatologisch-hydrographischen Verhältnissen gehört; es ist dies die auf offener See, in Buchten und an Küsten häufig sich der Beobachtung darbietende Erdbeben- oder Stosswelle, die für manche Gegenden (Süd-Amerika) eine grosse Bedeutung hat. Auf offener See kann sie sich entweder durch einen plötzlichen Stoss in der Nähe des Schiffsortes oder durch eine ausserordentlich hohe, durch sonst ein anderes Agens nicht motivirte und schnell verlaufende Welle zu erkennen geben; an Küsten ist es oft nur eine einzige, rasch sich nähernde und wieder verschwindende Welle, welche das Wasser zu einer grossen Höhe erhebt und das Gestade zeitweise überschwemmt. Treten diese Erscheinungen auf, so notire man sofort Zeit, Ort, Maass und Charakter der Bewegung. Besonders werthvoll werden solche Aufzeichnungen, wenn mehrere Schiffe sich zur Zeit in kurzen Entfernungen von einander befinden; werden in solchen Fällen die Erscheinungen genau nach Zeitmaass und Richtung beschrieben, so können daraus über Fortpflanzung solcher Wellen, ihre Höhe und Schnelligkeit der Oscillation, und daraus wieder über die mittlere Tiefe des durchflutheten Wassers Schlüsse gezogen werden. (Siehe Geologie, S 286 d. Bds.)

Will man sich mit dem Gegenstand besonders befassen, so sollte man Sorge dafür tragen, sich mit den Gebieten, die von solchen Phänomenen heimgesucht werden, bekannt zu machen; für Seebeben ist hierfür die Arbeit von E. Rudolf „Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen“ zu empfehlen. Siehe auch Boguslawski und Krümmel, Handbuch der Oceanographie Bd. II, Seite 114 ff.

2. Meteorologische Beobachtungen in ihrer Anwendung auf den Weltverkehr zur See.

Die Bedeutung meteorologischer Beobachtungen zur richtigen Beurtheilung oceanographischer Verhältnisse, vorzüglich mit Rücksicht auf ihre praktische Verwerthung, ist durch die Erfolge der Navigation der Neuzeit zu wohl erwiesen, als dass es nothwendig erscheinen könnte, hier dieselbe des Weiteren zu erörtern. Da überdies die Meteorologie schon in einem besonderen Abschnitte (Hann) behandelt wurde, so genügt es für unsere Zwecke, nur einige weitere Gesichtspunkte besonders hervorzuheben.

Die vorzüglichsten hierher gehörigen Fragen lassen sich in folgende zwei Punkte zusammenfassen:

1. Welches sind im gegenwärtigen Stadium der Entwickelung der meteorologischen Forschung die wesentlichsten Gesichtspunkte, von welchen aus die Anwendung der Ergebnisse auf die praktische Navigation gefördert werden kann?
2. Wie kann die meteorologische Wissenschaft für hydrographische Zwecke weiter entwickelt werden?

1. Die genaue Erforschung der verschiedenen Gebiete der Winde (Siehe 556 u. 557) und der Strömmungen des Oceans (Siehe Krümmel, Seite 491 ff. ds. Bds. u. Seite 567 ff.) zu Zwecken der Förderung der Seeschifffahrt muss allen jenen, welche in Verbindung mit einem wohlorganisirten Systeme maritimer Meteorologie wirken wollen, in erster Linie besonders anempfohlen werden. Allein auch der einzelne Reisende kann auf diesem Gebiete Werthvolles leisten, sei es durch selbstständige Beobachtung, sei es durch Sammeln von Material oder durch Anregung anderer; es ist jedoch unbedingt erforderlich, dass er seine Erhebungen, seine Beobachtungen in Anlehnung

an ein grösseres System und unter Befolgung der von demselben erlassenen Instructionen mache. Da die einzelnen Systeme der civilisirten Staaten nach internationalen Vereinbarungen geleitet werden, so setzt sich der Reisende dadurch mit den allenthalben geltenden Normen in Einklang und vermag so allgemein Verwerthbares zu leisten. Sodann lenke man seine Aufmerksamkeit zunächst auf die Veränderungen der Windrichtung innerhalb eines Gebietes und prüfe die Beziehungen dieser Aenderungen zu den Aenderungen der meteorologischen Elemente, zum Verhalten des Luftdruckes, der Temperatur und der Feuchtigkeit der Luft. Bestätigen sich in allen Fällen die darüber bereits aufgestellten Gesetze und, wenn nicht, wie sind die Ausnahmen zu charakterisiren? Für den Seefahrer sind diese Fragen von besonderem Werthe, weil er, im Falle er einen, für seine Reise günstigen Wind verloren hat, denselben wieder auffinden — weil er das für ihn wünschenswerthe Gebiet der Winde oder besonderer Luftströmungen an der Hand der meteorologischen Instrumente aufsuchen kann. Mit Rücksicht auf diesen Punkt ist es besonders wichtig, die Relationen zwischen Windrichtung und Luftdruck (das Barische Windgesetz, Buys-Ballot's Regel u. s. w.) zum Gegenstand der Untersuchung, Beobachtung und beziehungsweise Prüfung zu machen. Wenn der regelmässige Verlauf der Windphänomene so in erster Linie zu beobachten ist, so ist andrerseits die Natur der in einem Gebiete herrschenden Stürme oder Böen — namentlich auch das plötzliche Umspringen des Windes von einer Richtung in eine andere (oft die entgegengesetzte) für den Seemann von grosser Bedeutung und sollte deshalb keine Gelegenheit versäumt werden, darüber Beobachtungen zu machen oder auch nur zu sammeln. Wie ist in solchen Fällen das Verhalten des Barometers, in welchem Stadium der Windveränderung tritt ein Steigen oder ein Fallen des Barometers ein; haben Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse dazu eine Beziehung und welche? Vermag man da, wo es sich um die Beobachtung von Orkanen handelt, die Windgeschwindigkeiten in den einzelnen Stadien der Drehung der Windrichtung zu messen (mit Anemometern), so ist dies zur Entwickelung einer Theorie der Stürme dieser Art von grossem Werthe. Man beobachte auch in solchen Fällen, wo orkanartige Stürme auftreten, die Bewegung der oberen Luftschichten, den Wolkenzug, und den

Charakter der Wolken, um dadurch Aufschluss über die Luftbewegungs-Vorgänge in solchen Phänomenen zu gewinnen. Man verfehle nicht auch von anderen Beobachtern, anderen Schiffen, Material über ein Phänomen zu sammeln, wobei man übrigens mit Kritik verfahren und Alles angeben sollte, was sich auf die genaue Feststellung der meteorologischen Elemente bezieht, damit die gemachten Beobachtungen unter einander vergleichbar werden. Eine besondere Beachtung verdienen die Anzeichen eines herrannahenden Sturmes und vernachlässige man hierbei die Feuchtigkeitsverhältnisse nicht. Sehr zu empfehlen ist zu diesem Zwecke das Studium der Werke von Espy, Redfield, Piddington, Reid, Dove aus früherer Zeit, von Reye, Mohn, Meldrum, Clement Ley, Blanford u. a. aus der Gegenwart. Man richte womöglich sowohl Beobachtungen als darauf gegründete Untersuchungen nach den, in denselben niedergelegten Grundsätzen ein.

Ein anderer Zweig der praktischen Navigation hat in der jüngsten Zeit einen Aufschwung genommen und verdient daher eine besondere Beachtung; es ist dies die Sturmwarnung an den Küsten nahezu aller civilisirten Staaten. Der Seefahrer hat vielfach Gelegenheit, in anderen Welttheilen Erhebungen zu machen über die Organisation von Sturmwarnungssystemen, welche daselbst in Thätigkeit sind. Es handelt sich hierbei, wenn das System innerhalb der Regionen periodisch auftretender Orkane liegt — also eine Sturmwarnung einfacher und sicherer sein kann, vorzugsweise um die Mittel, welcher man sich zur Mittheilung an die Seeleute und Küstenbewohner bedient; es ist dies wichtig für die Sicherheit der Navigation an einer Küste. An Küsten, welche in ektropischen Gebieten liegen, wo Sturmerscheinungen viel verwickelterer Natur sind, sollte der Reisende darauf Bedacht nehmen, Alles zu sammeln, was auf die Grundsätze, nach welchen Sturmwarnungen ausgeführt werden, einen Bezug hat. Werden nur einfache Mittheilungen über Witterungs-Thatbestände gegeben oder auch wirkliche Warnungen hinzugefügt? Sind es nur Wahrscheinlichkeiten, welche mitgetheilt werden oder Vorhersagungen? Wie lange ist das System in Betrieb — nach welchen Grundsätzen ist es organisirt und, besteht eine Statistik über den Erfolg und welches sind die Ergebnisse derselben?

2. Zur Weiterentwickelung der meteorologischen Wissen-

schaft mit hydrographischen Zielen ist eine Organisation der Arbeit unerlässlich. Der Einzelne kann bei dem heutigen Stande der Kenntniss nur wenig zur Förderung derselben beitragen, wenn er nicht nach einem festen Plane und in Verbindung mit einem meteorologischen Systeme arbeitet. Daher ist es dem Reisenden, der allein reist und den Wunsch hat meteorologische Beobachtungen auf See anstellen zu können, sehr anzurathen, dass er sich vor Antritt der Reise mit einem Institute für Maritime Meteorologie in Verbindung setze, nach seinen Instructionen arbeite und die zu verwendenden Instrumente daselbst mit den Normalinstrumenten desselben vergleiche. (Siehe Hann, Meteorologie.) Es empfiehlt sich, dass er sich specielle Aufgaben zur Bearbeitung stellen lasse, die solche Gegenstände berühren, welche nur selten eine Berücksichtigung finden können; dahin gehören beispielsweise die Beobachtungen über Feuchtigkeit der Luft mittelst Hygrometer (ohne psychrometrische Beobachtungen auszuschliessen) — über Windstärke mittelst kleiner Anemometer, welche elektrisch registriren und zu luvwärts auf der Commandobrücke, weit nach auswärts, aufgestellt sind, über Luftelektricität, Charakter und Zug der oberen Wolken u. s. w. Mit Bezug auf den zuletzt erwähnten Gegenstand nehme man sich die Methode von R. Abercromby*) zum Muster, der auf einer Reise um die Erde für meteorologische Zwecke überhaupt und das Studium der Wolken im Besonderen (durch zahlreiche Photographien) Grundlegendes geleistet hat.

Meteorologische Beobachtungen, auf See und in Verbindung mit einem Systeme und nach gegebenen Instructionen ausgeführt, bedürfen hier keiner weiteren Erörterung, indem alles Nähere aus diesen Instructionen zu entnehmen ist und theilweise im Abschnitte über Meteorologie schon behandelt wurde. Das auf diese Weise Gegebene als bekannt voraussetzend, wird nur Gewicht darauf gelegt, dass die Beobachtungen an Bord an Instrumenten gemacht werden müssen, die an ein und derselben dafür geeigneten Stelle erhalten werden; dies gilt sowohl mit Rücksicht auf Barometer als auf Thermometer und Psychrometer. Bei der Wahl der Aufstellungsorte hat man sich vielfach, unter Festhaltung der für dieselben geltenden allgemeinen

*) R. Abercromby, Weather. London Kegan Paul, Trench & Co. 2d ed: 1888.

Normen, nach gegebenen Verhältnissen zu richten und lassen sich dafür nur schwer Regeln aufstellen, die in allen Fällen Anwendung finden können. Die Thermometer sind in einem Jalousiekästchen und an einem Stative befestigt so aufzustellen, dass sie gegen Sonnenschein, Wind und Wetter geschützt werden können und wird für diesen Zweck das von Neumayer auf seinen Reisen gebrauchte und von C. Bamberg, Mechaniker in Berlin, angefertigte meteorologische Stativ empfohlen.

Indem die Aufstellung des Thermometers an einer festen Stelle an Bord eines bestimmten Schiffes als wesentlich zur Erlangung guter und vergleichbarer Resultate bezeichnet wird, muss gleichzeitig den Beobachtern zur Pflicht gemacht werden, Versuche anzustellen, die darauf abzielen, den für die Thermometeraufstellung gewählten Ort mit anderen durch gleichzeitige Beobachtungen zu vergleichen. Hierbei kann man so verfahren, dass man der Reihe nach andere, je nach Segelstellung, Sonnenschein u. s. w. gewählte Punkte, die für die Zeit einer Beobachtung — Vergleichung — den Anforderungen einer guten Beobachtungsstelle entsprechen, mit der Normalstelle in Beziehung bringt; man bedient sich hierbei eines einfachen transportablen Jalousiekästchens. Noch schneller und wohl auch sicherer dürfte man durch Anwendung des auf Seite 332 und 333 dieses Bandes empfohlenen Rotations-Psychrometer von Rung zum Ziele gelangen. Hat man dieses Instrument nicht zur Verfügung, so kann man eine Vorrichtung nach Art einer Knarre verwenden, wobei das Thermometer quer zum Griffe mit der Kugel nach auswärts liegt und durch eine leichte Schwingung der Hand, die den Griff hält, herausgeschleudert wird (Köppen).

Auch über Regenfall kann der einzelne Reisende auf See wichtige Beobachtungen anstellen und wesentliche Lücken in unserer Kenntniss des Betrags der Niederschläge ausfüllen. Bei der Aufstellung eines Regenmessers muss aber mit besonderer Sorgfalt verfahren werden, damit einestheils nicht von Raaen und Tauwerk Wasser in das Auffanggefäss fällt, andrerseits nicht durch Segel u. s. w., durch einen zu starken Luftzug oder gar durch Ueberdeckung der Niederschlag davon abgehalten wird. Der Regenmesser, welcher mit cardanischer Aufhängung versehen sein muss, dürfte am zweckmässigsten auf einer Commandobrücke ganz zu luvwärts aufzustellen sein.

Die Beobachtung der Temperatur des Meerwassers an der Oberfläche in kürzeren Zeitintervallen und, wenn thunlich, ein oder anderthalb Meter unter der Oberfläche, was sich mittelst eigens dafür construirter Gefässe mit Boden, der sich unter einem gewissen Drucke öffnet, ermöglichen lässt, ist von Wichtigkeit zur Beantwortung bestimmter klimatologischer Fragen sowohl, als auch zur Feststellung der Temperatur der Meeresströmungen. Solche Messungen sollten namentlich dann häufig gemacht werden, wenn man sich Gebieten nähert, die wegen rascher Aenderung der Temperatur bekannt sind, oder wenn man durch die eigenen Beobachtungen auf das Herannahen solcher Gebiete aufmerksam gemacht worden ist.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Meerwassers mit gut verglichenen (verificirten) Instrumenten unter Angabe der Temperatur des Wassers, des Zustandes der See und des Wetters (ob Niederschläge) u. s. w. kann nur alsdann dem Reisenden empfohlen werden, wenn er dabei die grösste Sorgfalt anwendet. Die Aräometer werden am zweckentsprechendsten durch Vermittelung der Kommission zur Untersuchung der Deutschen Meere (Prof. Karsten) in Kiel bezogen. (Siehe auch Seite 492 dieses Bandes.)

Zur Weiterentwickelung der meteorologischen Wissenschaft mit hydrographischen Zielen ist eine Vertrautheit mit der synoptischen Methode der Untersuchung atmosphärischer Vorgänge unerlässlich. Der Reisende wird wohl daran thun, sich vorher diese Vertrautheit zu erwerben, theilweise um selbst während der Reise daraus Nutzen zu ziehen, theilweise auch, um bei den Erhebungen über meteorologische Vorgänge durch die bei dieser Methode zur Anwendung gebrachten Gesichtspunkte geleitet zu werden.

3. Meeresströmungen und Treibproducte.

In dem Abschnitte „Einige Oceanographische Aufgaben" fand auf Seite 491 bis 496 ds. Bds. das Kapitel von den Meeresströmungen schon eine eingehende Besprechung. Die wenigen, an dieser Stelle darüber einzuflechtenden Bemerkungen mögen zu einem Vergleiche anregen zwischen dem, was darüber vor 14 Jahren bekannt war, und dem bis heute erzielten Fortschritte in der Erkenntniss und richtigen Beur-

theilung der Thatbestände auf diesem wichtigen Gebiete der Geophysik. Die durch einen solchen Vergleich klar werdende Weiterentwickelung der Wissenschaft von den Strömungen und der Trift des Oceans ist zu einem guten Theil auf bedeutsame theoretische Arbeiten zurückzuführen, die in den letzten 15 Jahren darüber erschienen sind; diese wieder konnten nur auf Basis der Untersuchungen, die in grosser Zahl von Expeditionen, wie die von Challenger, Gazelle, Tuscarora u. a. m. und von Vermessungs-Fahrzeugen ausgeführt worden sind, erfolgen. Die Stellen des Weltmeeres, an welchen sich die Aenderung der Auffassung der Stromerscheinungen vollzogen haben, sollten noch für geraume Zeit des Beobachters Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, denn, wie oben (Seite 493) hervorgehoben wurde, ist auch die dem Werke beigegebene Strömungskarte nur als eine Annäherung an die Strömungs-Thatbestände aufzufassen. Fortgesetzte Beobachtung ist zur festeren Begründung und Vervollständigung unserer Kenntnisse geboten; Stellen der bezeichneten Art können daher der Beachtung nur nachdrücklichst empfohlen werden. Einige wenige Gebiete mögen hier als Beispiele namhaft gemacht werden.

Im Atlantischen Ocean. Im nordatlantischen Gebiete und zwischen den Faroer, Island, Jan Mayen, der Küste von Norwegen, Nowaja Semlija und Spitzbergen, haben die Expeditionen norwegischer und niederländischer Seefahrer und Gelehrten in die Auffassung der Bewegung des Oberflächen-Wassers grössere Einfachheit und Klarheit gebracht, während auch die Untersuchungen nach der Tiefe hin Neues und Wichtiges feststellten. Diese Expeditionen können im gewissen Sinne als Muster für die Methode der Untersuchungen zu Zwecken der Weiterentwickelung hydrographischer Erkenntniss angesehen werden. Es müsste sich verlohnen, in gleicher Weise die Untersuchungen weiter nach Norden hin fortzuführen, namentlich von dem Gebiete zwischen Spitzbergen und der Ostküste von Grönland ausgehend; Strassen und Eingänge in grosse Buchten (Davisstrasse, Cumberlandsund) müssen nach neuerer Methode erforscht werden, wenn Klarheit in die Strömungs-Vorgänge kommen soll, wobei die jahreszeitliche Verfolgung der Erscheinungen nicht mehr ausser Acht gelassen werden sollte.

Das weite Gebiet des Sargasso-Meeres bietet ein Feld der Durchforschung, welches sich nicht nur hinsichtlich

der Meeresströmungen und der Tiefenverhältnisse in hohem Maasse ergiebig erweisen würde, vielmehr könnten viele Zweige der Naturforschung daraus Nutzen ziehen.

In den Aequatorial-Gegenden, nach den Westindischen Gewässern und dem Golf von Mexiko und längs der Küste von Guyana ebensowohl, wie an der Goldküste Afrikas ist die Detailforschung dringend zu empfehlen und ist auch in diesem Falle die jahreszeitliche Scheidung erforderlich. Die Quadrat-Arbeit über Oberflächenerscheinungen und meteorologische Verhältnisse des Englischen Institutes*) geben hiefür eine gute Grundlage.

Im südatlantischen Ocean sind in der Falkland-See die Anschauungen über die dort herrschenden Strömungen durch die Arbeiten Krümmel's wesentlich berichtigt worden. Darnach schiebt sich der Falklandstrom mit seinem kälteren Wasser zwischen der Küste von Patagonien und dem Brasilstrome hindurch weit nach Norden hin. Es rücken die Grenzen des Stromes, welcher den Kreislauf des Wassers von Westen nach Osten darstellt, weiter nach Südwesten zu und ist deren Ermittelung in einzelnen Jahreszeiten anzustreben. Wie sind die Zustände der Meeresoberfläche an jener Stelle, wo dieser Strom, von Südwesten kommend, auf die westliche, weit nach dem Atlantischen Ocean hineinragende Extremität des Agulhas-Stromes trifft? Die umbiegende Erscheinung dieses letzteren sollte ganz besonders zur Ergründung der factischen Verhältnisse (auch nach Jahreszeit und Tiefe) anregen. Trift und Strömung in den subantarktischen Gebieten, sowie der Verlauf der Treibeisgrenze sind von hohem Interesse in diesem Meere.

Im Indischen Ocean. Erhebliche Erweiterung der Auffassung der Erscheinungen der Strömungen an der Oberfläche ist hier nicht zu constatiren: es gilt hier noch allerwärts grundlegende Untersuchungen anzustellen, auch in diesem Falle bedingt nur die in's Einzelne gehende Arbeit den Fortschritt. Definirung der Grenzen der Strömung in den Aequatorialgegenden in den Jahreszeiten muss hier im Anschluss an die Vorgänge in den Monsungebieten als erstes Erforderniss bezeichnet worden, wobei namentlich den Zeiten des Umschlages der Monsune und dem Verschiebungs-Gebiete dieser Zeiten eine ein-

*) Remarks to accompany the monthly charts of Meteorological data for the nine 10° Squares etc. London 1876.



gehende Beachtung zuzuwenden ist. In den buchtenartig abgegrenzten Gebieten, in den Strassen (zwischen den Inseln) und den Eingängen in grössere Meereseinschnitte (Golfe) ist die Untersuchung nach den zu öfteren bezeichneten Grundsätzen und Methoden zu führen.

Wenn an irgend einer Stelle des subantarktischen Meeres durch in's Einzelne geführte Untersuchung wichtige Aufschlüsse zu erwarten sind, so ist dies in höheren Breiten des indischen Oceans der Fall. Die Untersuchungen von „Challenger" unter dem Meridian von Kerguelen haben den Weg gezeigt, auf welchem vorgegangen werden sollte. Strömung, Treibeisgrenze und Bodengestaltung erregen das Interesse des hydrographischen Beobachters im hohen Maasse. Das Verfolgen der Ausläufer der von der Strasse von Mozambique, von der Küste von Madagaskar kommenden Strömung, die Untersuchung der gegen die Süd- und Südwestküste Australiens gerichteten Trift und die kalte Strömung an der Westküste dieses Continentes bieten interessante Objecte der Meeres-Untersuchung. Diese aber gewinnen an Interesse durch die detaillirte Durchforschung der Nordwestküste, der Verhältnisse auf der grossen Australischen Bank und nach dem Ostindischen Inselgebiete hin.

Im Stillen (Pacifischen) Ocean. Das ausgedehnte Gebiet des Stillen Oceans ist erst in den letzten Jahren in einigen Theilen näher untersucht worden. Vieles bleibt hier noch gründlicher Untersuchung vorbehalten: Allenthalben beruhen die Annahmen von Thatbeständen auf ziemlich unsicherer Grundlage. Die Erscheinung und der Verlauf des Kuro-Schio, deren Begrenzung in den verschiedenen Monaten bietet sich in diesem Meere in erster Linie der Forschung dar; jede zuverlässige Beobachtung über Temperatur-Verhältnisse und Strömungs-Richtung muss hier als höchst erwünscht bezeichnet werden. Sendet diese Strömungs-Ader Zweige nach der Behringsstrasse, ist das mit dieser Frage in Zusammenhang stehende Zurückweichen der Treibeisgrenze nach dem Pole zu zu constatiren und nach Jahreszeit zu definiren? Ueberschreitet die nördliche Grenze dieser nach Osten ziehenden Strömung in der That den 50. Breiten-Parallel zu keiner Zeit des Jahres oder ist dies nur für den Winter der nördlichen Hemisphäre (für welchen die Karte zu diesem Werke gezeichnet ist) zutreffend? Das grosse Areal zwischen der Südgrenze des Kuro-Schio und der

Aequatorialströmung bietet für hydrographische und geophysikalische Forschung ein weites, vielversprechendes Feld, indem es als nahezu unbekannt in dieser Hinsicht zu bezeichnen ist.

Im Aequatorialen Theil dieses Oceans ist auch sonst noch vieles zu erforschen oder doch fester zu begründen: jahreszeitliche und die Zerlegung in kleinere Gebiete fordernde Untersuchung fehlt allenthalben. Im südlichen Stillen Ocean ist einzelnes annähernd erforscht, soweit es jenseits des 50. Breitegrades liegt; es gilt dies namentlich von den Gebieten im Osten des Australischen Continentes und an der Westküste Süd-Amerikas. Die Strömungsverhältnisse im Osten von Neuseeland, sowie der damit in Beziehung stehende Verlauf der Treibeisgrenze erheischen eingehendere Untersuchung, als bisher durchgeführt worden ist. Die Gegenden an den südlichen Ausläufern der Continente sind hinsichtlich der an denselben zu beobachtenden Strömungsverhältnisse sehr interessant und fordern deshalb noch lange eingehende Beachtung.

Die Polarregionen beider Hemisphären sind hinsichtlich der Strömungserscheinung, soweit hier nicht besonders darauf hingewiesen wurde, so gut wie unbekannt.

Die Treibproducte; das Eis und die Trift; die Seetange.

Die Treibproducte des Oceans sind sowohl für das Studium der Meeresströmungen, wie für die praktische Navigation von besonderem Interesse. Es gilt dies namentlich für diejenige Gattung derselben, welche an gewissen Orten und in gewissen Gebieten stets vorhanden sind oder doch in periodischen (jahreszeitlichen) Schwankungen ihren Ort ändern. Zu diesen gehören die Treibeismassen, die treibenden Tange u. s. w; aber auch die gelegentlich und sporadisch auftretenden Treibproducte, wie nach grossen unterseeischen oder sonstigen vulcanischen Katastrophen im Ocean treibende Bimssteinmassen und Aschen, die sich oft auf grosse Entfernungen vom Ausbruchspunkt über das Meer verbreiten und durch die Lagerung und die Treibroute, welche sie befolgen, Licht über die Strömungen des Meeres und herrschende Windrichtung verbreiten können. Hierher mögen auch die Staubfälle gerechnet werden.*)

*) Siehe Annalen der Hydrogr. und Maritim. Meteorologie, XIV. Jahrgang, Seite 69 und 113.

Der Reisende sollte, hat er Gelegenheit während einer Seereise diese Gegenstände zu beobachten, nicht versäumen, Aufzeichnung über Zeit und Ort des Auffindens derselben zu machen und unter Anwendung aller Vorsicht wohl etikettirte Proben mitzunehmen.

In beiden Hemisphären ist das Treibeis ein interessantes Object der Forschung. Die Bewegungen, Verschiebungen desselben während des Wechsels der Jahreszeiten sind noch nicht genügend erklärt und werden es auch erst werden können, wenn man über die unteren Meeresströmungen unterrichteter ist, als gegenwärtig. Zwar haben die neueren Tiefseeforschungen, vor Allem die Untersuchungen der Challenger Expedition in dieser Hinsicht Vieles aufgeklärt, wie namentlich die Ergebnisse in der südlichen Hemisphäre und unter dem Meridian von Kerguelen es erweisen, allein es sind dieselben allzu vereinzelt und an beschränkte Localitäten geknüpft, um volles Licht in diese Vorgänge bringen zu können. Von diesem Standpunkte aus ist die Treibeisgrenze (siehe Seite 570 d. Bds.) der südlichen Hemisphäre höchst lehrreich, weil sie Unregelmässigkeiten zeigt, die bei der grossen Ausdehnung des oceanischen Gebietes, wo also die Gestaltung der Continente keinen oder doch nur einen sehr beschränkten Einfluss üben kann, nur tiefer liegenden Strömungen oder einer eigenthümlichen Configuration des Bodens zuzuschreiben sein dürften. Welches ist der Grund, dass diese Treibeisgrenze bei Kerguelen, bei den Auckland-Inseln mehr als 10 Breitengrade weiter nach Süden hin verschoben ist, als in anderen Gegenden des Circumpolar-Gebietes? Was ist das Bedingende in der Bewegung der Eismassen in der jährlichen Periode? Spielt hierbei die wechselnde Mächtigkeit der Strömungen eine Rolle (nicht die Stärke, sondern die Tiefe)?

Auch an die Natur der treibenden Eismassen knüpft sich die Lösung von für die Physik der Erde hochwichtigen Fragen. Sind die Eisberge des Südens nur als geschichtete Massen Eises und Schnees aufzufassen, wie Einzelne noch vor kurzem anzunehmen geneigt waren, oder ist es Gletschereis in seinem Kerne. das nur von Schichten von Schnee und Firn überlagert wird? Die genaue Untersuchung dieser Eismassen ihrem Charakter nach ist eine in jeder Hinsicht lohnende, und sollte da, wo sich Gelegenheit findet, vorgenommen werden. Eine andere Frage von Bedeutung ist dahin zu präcisiren, dass die

Stücke von Steinen und Erden, die häufig und in Massen auf den Eisbergen des Südens angetroffen werden, hinsichtlich ihres Ursprungs geprüft werden. Haben wir es vielleicht mit Grundmoränen zu thun, oder liegt hier vulcanischer Eruptionsschutt, oder aber Trümmer geschichteten Gesteines vor? Alle diese Punkte sind von eminenter Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, den Ursprung der grossen schwimmenden Eismassen festzustellen und können daher dem Reisenden, welchem die Mittel der Untersuchung zu Gebote stehen, nur auf das angelegentlichste empfohlen werden. (Siehe Richthofen, S. 247 d. Bds.)

Die treibenden Tange (siehe Drude, S. 164 Bd. II) und Seegräser (siehe Ascherson, Bd. II Seite 191—212) folgen mit Bezug auf ihre Ansammlungsplätze vorzugsweise den Strömungen. Es ist eine wichtige und lohnende Aufgabe für den Beobachter, die Gattungen und Arten derselben in jedem Falle festzustellen, indem daraus auf die Strömungsverhältnisse und Abgrenzung der Meeresräume Schlüsse gezogen werden können; weil die Tange tief in das Meer hinabhängen, werden sie nicht in allen Fällen von der Oberflächenströmung beeinflusst, vielleicht wird ihre Verbreitung durch Ströme geschieden. Kann dies durch Beobachtung erwiesen werden? So soll beispielsweise der Meridian St. Paul-Amsterdam nach den holländischen Untersuchungen die Tange des westlichen und östlichen Indischen Oceans scheiden. Verhält sich dies so und findet man auch anderwärts Analogien hierzu? Kann man in Wirklichkeit auch in anderen Meeren der Sargasso See des nordatlantischen Oceans ähnliche Erscheinungen feststellen? Wenn dies so ist, dann handelt es sich um die Grenzen solcher Gebiete und um die Feststellung der Tiefe, bis zu welcher die Tange in den Ocean hineinreichen.

Quallen und die Wale (S. 371 Bd. II). Man beobachte im Interesse der Meeresströmungen die treibenden Quallen, notire das Vorkommen der Wale, wenn möglich die einzelnen Gattungen scheidend. (Siehe Walthiere von Bolau, Bd. II S. 363 u. ff.)

Das Meeresleuchten ist einem Studium vom Standpunkte der Meeresströmungen, mit welchem es in einem noch zu vermittelnden Zusammenhange steht, zu empfehlen. Hierbei ist es wichtig die verschiedenen Arten des Leuchtens der See zu unterscheiden. Die Classification von Peak, welche in

Nachfolgendem gegeben wird, sollte für diesen Zweck angewendet werden, nicht als ob dieselbe erschöpfend wäre für die Bezeichnung des hundertfältig modificirten Schauspiels, sie ist vielmehr nur als ein Versuch, dasselbe einheitlich zu beobachten und zu classificiren, anzusehen.

Nach Peak unterscheidet man folgende Arten:

1) Leuchtend, oder sehr leuchtend (luminous, very luminous)
2) Wie Wetterschein (sheet-like)
3) In grossen Flecken (in large-spots)
4) Glänzendes Aufblitzen (bright flashes)
5) Herrliches Schauspiel (glorious display).

Es sind besonders alle begleitenden Umstände mit den Beobachtungen über Meeresleuchten aufzuführen: Temperatur, Wind und Feuchtigkeit, Wellenschlag und Strömung. Ferner ist zu beobachten, wenn immer dies schöne Phänomen wahrgenommen wird, ob es an bestimmte Localitäten gebunden ist. Hat der Reisende ein Mikroskop und einige Uebung im Beobachten solcher Dinge, so kann er sofort wichtige Untersuchungen an den lebenden Thiergestalten anstellen; sonst sammle er Proben leuchtenden Wassers für die spätere Untersuchung. (Siehe Fritsch über Mikroskopische Untersuchungen auf Reisen S. 535 u. ff. Bd. II.)

Es ist bei der sofortigen Untersuchung darauf zu achten, welche Vergrösserung anzuwenden ist; nach Quatrefages sollte man Steigerungen von 12 bis zu 150 Durchm. vornehmen. Beim Ansammeln oder den aufgesammelten Proben vermeide man zu tiefe Temperaturen, welchen man die Proben aussetzt, damit die Organismen nicht getödtet werden. Dies steht in Beziehung zu dem zeit- und ortweise Verschwinden in kalten Gegenden und dem plötzlichen Wiedererscheinen des Leuchtens. (Ross, Bellingshausen im hohen Süden.)

Wenn in gewissen Gebieten des Meeres streifenartig verbreitet grosse Flächen von gefärbten Massen bedeckt sind, so sollte man sowohl sorgfältiges Aufsammeln von Proben, als auch unmittelbares Untersuchen sich zur Aufgabe stellen. Da sich viele der Organismen kurz nach dem Aufsammeln zersetzen und für die Untersuchung unbrauchbar werden, so muss man hier mit grösster Sorgfalt verfahren. Dass in allen derartigen Fällen das Feststellen der Localität, der Zeit und der beglei-

tenden Umstände in grösster Ausführlichkeit die erste Pflicht sein muss, braucht wohl nicht mehr besonders betont zu werden.

Was in Vorstehendem über Beobachtungen von Meeresströmungen gesagt wurde, bezieht sich im Allgemeinen auf Oberflächenphänomene dieser Art. Der Reisende hat nur selten Gelegenheit, auch über die Strömungs-Vorgänge in grösseren Tiefen Beobachtungen zu machen. Es ist dies ein Gebiet, welches bis heute noch wenig bearbeitet ist und im Wesentlichen grösseren Expeditionen vorbehalten bleiben muss, für welche alsdann Special-Instructionen auszuarbeiten sind.

Es mögen hier noch einige Werke, die besonders geeignet sind, des Reisenden Urtheil und seine Kenntnisse auf dem Gebiete der Meerescirculation zu schärfen, beziehungsweise zu vermehren, angeführt werden. Besonders empfohlen kann werden das Studium von P. Hoffmann: „Zur Mechanik der Meeresströmung an den Oberflächen der Oceane", weil der Verfasser mit seinen Zweifeln über das gegenwärtig als richtig erkannte nicht zurückhält und im Uebrigen nach theorethischer Seite sowohl als in praktischer Richtung eine wohlbegründete Anregung giebt und den Reisenden auf Vieles aufmerksam macht, was sonst seiner Beachtung entgehen könnte. Ein nahezu Gleiches gilt von den einschlägigen Çapiteln des Werkes über Oceanographie von Boguslawski-Krümmel.

4. Passagen und Routen zur See.

Aus den vorhergehenden Erörterungen ergeben sich die Regeln für die Verwerthung der Lehren der wissenschaftlichen Hydrographie und maritimen Meteorologie zur Förderung des Weltverkehres.*) Es erscheint in diesem Falle der Seefahrer, welchem die Navigirung eines Schiffes anvertraut ist, einerseits als diese Lehren zu seinem Vortheil ausbeutend, während er anderseits, gleich anderen wissenschaftlichen Reisenden, die Aufgabe hat, die Wissenschaft zu bereichern. Diese Aufgabe besteht vorzugsweise in der Prüfung,. Vervollständigung und

*) Deutsche Seewarte, Segelhandbuch für den atlantischen Ocean, L. Friederichsen & Co., Hamburg 1885. — Dieselbe, Der Pilote, ein Führer für Segelschiffe.

Schaffung von Segelhandbüchern (sailing directories), von Wind- und Stromkarten. Reisen zur See sind in den meisten Fällen durch die zu verfolgenden Ziele und Zwecke hinsichtlich der einzuschlagenden Route gegeben; nur bei wissenschaftlichen Reisen (Expeditionen) sind hierfür die demselben gestellten Aufgaben allein maassgebend. Bei Reisen des Weltverkehrs, welche zumeist zwischen gegebenen Punkten der Erde (Abgangs- und Bestimmungsort) eingeschlossen sind, handelt es sich zunächst darum, den nach Gestaltung der Länder und Meere möglichen, geometrisch kürzesten Weg durch den Ocean niederzulegen, sodann aber um die weitere Frage, in welchem Maasse und in welcher Weise die physikalischen Verhältnisse der zu durchreisenden Gegenden ein Abweichen von demselben nothwendig oder rathsam erscheinen lassen. Zur Ermittelung des relativ kürzesten Weges kommt in Betracht, ob es sich um die Reise eines Dampfers, eines Segelschiffes mit Auxiliär-Dampfkraft oder eines Schiffes handelt, das nur auf seine Segelkraft allein angewiesen ist. Ein gründliches Studium der bereits vorhandenen Segelhandbücher, Wind- und Stromkarten, wie sie von den verschiedenen Nationen, welche sich auf diesem Gebiete bereits ausgezeichnet haben, herausgegeben wurden, ist zur erfolgreichen Lösung dieses Theiles der Aufgabe unerlässlich. Hat sich der Seefahrer über die Wahl seiner Route im allgemeinen schlüssig gemacht, so handelt es sich in zweiter Linie um das Studium der Einzelheiten mit Rücksicht auf Phänomene längs dieser Route; durch ein solches allein vermag er auf Alles das aufmerksam zu werden, was zum Nutzen oder Nachtheil der Reise gereichen kann, während er andererseits eine Einsicht in das erhält, was mit Beziehung auf Wind und Wetter, auf Barometerstand, auf Strömungen, auf Fauna, auf Treibproducte u. s. w. zu beobachten ist. Der wahrhaft gebildete Seefahrer darf gemäss der angeführten Gesichtspunkte das Specialstudium einer Route nicht vernachlässigen; allein auch der Nichtseefahrer, der einzelne Reisende, vermag bei einer gründlichen Vorbereitung rücksichtlich der zu befolgenden Route zur See zur Hebung der oceanischen Wissenschaft Erhebliches zu leisten und sollte daher eine solche Vorbereitung, wenn ihm auch nicht die Ausübung der praktischen Navigation obliegt, niemals vernachlässigen.

Im Interesse der praktischen Navigation ist es anzurathen, dass der Schiffsführer sich ein Verständnis der Beziehungen zwischen Barometerstand und Windrichtung in den zu durchreisenden Gebieten des Oceans verschaffe, damit er eventuell im Stande sei, im Falle sich die klimatisch-meteorologischen Verhältnisse gegen Erwarten ungünstig erweisen sollten, andere und für seine Reise günstigere Gebiete aufzusuchen. Hierbei ist ihm eine Kenntniss der Grundlehren der Ausübenden Witterungskunde,*) namentlich der Synoptischen Methode, nahezu unerlässlich. Es wird mit Rücksicht auf diesen Gesichtspunkt auf das Studium der Arbeiten Maury's, Buys-Ballot's, Toynbee's, Neumayer's u. a. aufmerksam gemacht und die Prüfung der in denselben niedergelegten Resultate empfohlen.

Man sei ferner bei dem Studium einer Route darauf bedacht, dass man nicht ältere Werke dazu benutze, sondern stets die neuesten; dies gilt mit Beziehung auf Segelhandbücher und besonders auch auf Karten und Kartenwerke, welch letztere die statistischen Ergebnisse der maritimen Meteorologie darstellen. Es ist die Beachtung dieses Umstandes schon um deswillen wichtig, weil die neueren Werke der bezeichneten Art nicht nur, wie dies in den ersten Zeiten der Pflege unserer Wissenschaft unvermeidlich war, die Resultate der Arbeiten eines Instituts (Centralstelle für maritime Meteorologie) wiedergeben, sondern vielmehr in vielen Fällen die Ergebnisse der Forschungen mehrerer solcher Institute zusammenfassen, was begreiflicher Weise den Werth derselben beträchtlich erhöhen muss. Auch der fernere Umstand, dass in neuerer Zeit das zur Verwerthung kommende, reichlichere Material für kleinere Areale (für Eingradfelder) und einzelne Monate gegeben wird, wodurch die Anwendbarkeit der gebotenen statistischen Resultate noch mehr erhöht werden muss, verdient eine Beachtung.

Es wird hier noch auf die von verschiedenen Autoritäten herausgegebenen Routen- und Passage-Tabellen, in welchen die mittlere Dauer von Reisen über die ganze Erde niedergelegt ist, aufmerksam gemacht (In den Veröffentlichungen des Board of Trade, Sailor's Pocket Book von Capt. Bedford R. N., Tabellen über Schnittpunkte von Maury, von dem königl. nieder-

*) Dr. J. van Bebber, Handbuch der ausübenden Witterungskunde, Stuttgart, Ferdinand Encke. 1886, Band 2.

ländischen meteorologischen Institut und anderen); jedoch wird nur solchen Werken dieser Art eine Bedeutung beigelegt, bei deren Herstellung nachgewiesener Maassen nur Reisen zur Verwendung gelangten, welche bereits nach den neueren Grundsätzen der Navigation ausgeführt worden waren.

In diesen Abschnitt über Routen und Passagen und über die auszuführenden Beobachtungen gehört auch noch die weitere Aufgabe der beständigen Controle der bereits veröffentlichten und im Gebrauche befindlichen Listen und Karten von angeblichen Untiefen und Gefahren (Vigias). Oft existiren solche Untiefen nur in der Einbildung und es ist Pflicht eines jeden Seefahrers, namentlich aber solcher, welchen die Führung von Vermessungsfahrzeugen anvertraut ist, zur Aufklärung nach dieser Richtung und nach Kräften beizutragen. Eine Entfernung angezeigter Untiefen von den Karten kann aber nur auf Grund der eingehendsten und gründlichsten Untersuchungen als gerechtfertigt erscheinen. Genaue astronomische Bestimmungen sind für die Entscheidung hierüber in erster Linie erforderlich, dann aber hat man sich auch durch das Werfen des Lothes, beispielsweise bis zur Tiefe von 2000 Meter, von dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer angegebenen Klippe, Bank u. s. w. zu überzeugen. Man merke vorzugsweise auch auf die Farbe des Wassers, auf die Veränderungen, die in derselben vorgehen und versäume nie durch eine gewissenhafte Wache alle hierauf Bezug habenden Umstände notiren zu lassen.

Aus den wenigen im Vorhergehenden enthaltenen Andeutungen ergeben sich die Regeln und Vorschriften, welche beim Entwerfen von Segelhandbüchern zu beachten sind, von selbst; auch erhellt aus dem Gesagten zur Genüge, in welcher Weise der Reisende zur See für die Erhöhung des Werthes des Materials für die Auslegung der Routen zu wirken vermag. Der Schiffsführer, besonders der Commandant eines Kriegsfahrzeuges, sollte es sich stets beim Antritt einer Reise zur Pflicht machen, nach Kräften zur Förderung der angeführten Ziele zu wirken und sich vergegenwärtigen, dass diese Förderung zur Kürzung der Seewege und zur Erhöhung der Sicherheit derselben führen muss.

Für den Hydrographen von Fach, welchem die Abfassung von Segelhandbüchern anvertraut ist, handelt es sich bei Besprechung bestimmter Routen vorzugsweise darum, die physi-

kalischen Verhältnisse längs derselben, die Veränderungen derselben nach Jahreszeit und Ort in klarer und allgemein verständlicher Sprache darzulegen, so dass seine Auseinandersetzungen dem Seefahrer bei der Wahl seiner Route, die sich ja stets auch in Etwas nach den Qualitäten des Schiffes, nach Gattung der Ladung u. s. w. richten muss, von Nutzen sein können. Das Eingehen in Einzelheiten, die sich auf specielle Fälle beziehen, sind bei der Ausführung dieser wichtigen Aufgabe zu vermeiden.

Alle Verbesserungen und Erweiterungen von solchen Werken, die die Sicherung und Kürzung der Seewege zum Gegenstande haben, müssen an der Hand gründlicher meteorologischer und hydrographischer Forschung ausgeführt werden und muss bei der Motivirung solcher besonders eine präcise und unzweideutige Ausdrucksweise zur Pflicht gemacht werden

5. Ansegeln von Land.

Nach einer längeren Reise, während welcher vielleicht wenig Gelegenheit gegeben war, Chronometer zu controliren, ist Vorsicht beim Ansegeln des Landes vor Allem geboten. Diese Vorsicht muss sich namentlich darin zeigen, dass alle Einzelheiten, welche die Küste, die angesegelt werden soll, betreffen, studirt, eingeprägt und beachtet werden. Man merke auf die Leitmarken, ihre gegenseitige Lage und die Peilungen. Besonders sei man unterrichtet, ob Leuchtthürme an der Küste sich befinden und wenn dies der Fall, welcher Gattung das Licht, welches auf denselben gezeigt wird, und namentlich, wie gross der Leuchtkreis derselben ist. In der neueren Zeit wurden vielfach Nebelsignale eingeführt; die Nebeltrompeten, die Sirenen sind beim Ansegeln einer Küste während Nebel von grosser Bedeutung — deshalb sei man über die Einrichtung derselben unterrichtet, ebenso wie über die Weite der Verbreitung und Stärke des Schalles unter verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen.

Die Erhebungen einer Küste über dem Ocean, die Gestaltung und die Beschaffenheit des Bodens unter dem Wasser — die Wassertiefen — sind zu beachten, nach Vertonungen die erstern, nach beständigen Lothungen und Grundproben die letztern. Beim Herannahen an die Küste ist es ferner rathsam, dass man sich über die Strömungen klar wird, d. h. dass man

weiss, wo und wie man dieselben zu erwarten hat. Besonders achte man auf die Gezeiten, so dass man stets im Stande ist, wenn an der Küste die nöthigen Constanten bereits gegeben sind, die Zeit des Hoch- oder Niedrigwassers anzugeben — es ist dies wichtig, einmal für die genaue Angabe der Wassertiefen, wenn das Wasser flacher wird, während es andererseits unter Umständen, wenn das Fahrzeug auf Grund gerathen sollte, zur Lebensfrage werden kann.

Temperatur des Wassers und Farbe desselben geben beim Herannahen an eine Küste oft durch Aenderung eine Warnung — und ist dies besonders wichtig, wenn es sich um eine unbekannte Küste handelt. Sobald man derselben ansichtig wird, so beginne man mit ihrer Beobachtung; man suche die besonders charakteristischen Punkte auf und messe mit einem guten Normalcompass von einem bestimmten Anfangspunkte aus, den man genau zu kennzeichnen hat, die horizontalen Winkel und ebenso mit dem Sextanten die Höhen, nehme Peilungen und stelle Deckpeilungen fest, während man Vertonungen aufnimmt, in welchen man unter anderm auch Färbung des Landes, z. B. weisse Kreidestellen u. s. w., die in nebeligem Wetter hindurchschimmern und Marken abgeben können, angeben sollte. — Ist man innerhalb der Sichtweite von Baken, Bojen, Leuchtschiffen und Thürmen, die sich auf der Küste etwa befinden, so achte man auf deren Erscheinungen, auf die Peilungen und ihre gegenseitige Lage und mache sich darüber Notizen. Mit der Gestalt der Erhebungen gebe man auch, wenigstens im Allgemeinen den Charakter der Vegetation an: sind die Ufer bewaldet oder kahl, hat man in den Niederungen bei der Annäherung an das Gestade Haideland oder Marschen in Sicht?

Die atmosphärischen Verhältnisse sind beim Ansegeln von maassgebender Bedeutung; besonders gilt dies von dem Grade der Durchsichtigkeit der Luft. Oft sieht die Küste aus, als läge sie noch in weiter Ferne, während man schon nahe dabei ist. Man denke nur an die Westküste von Afrika, die während der trockenen Jahreszeit stets in einen Schleier gehüllt ist.

Auch auf die Thierwelt achte man: der Zug vieler Vögel, z. B. der Pelikane an der Südküste Australiens, zeigt die Nähe des Landes an, während im Meere treibende Quallen und andere Thiere sich häufen.

Man behalte immer im Auge, dass es sich für den Hydrographen entweder darum handelt, neue Anweisungen für das Ansegeln einer Küste zu entwerfen oder die bestehenden zu prüfen und zu verbessern, dann werden die Beschreibungen klar und von Nutzen sein können, während andererseits auch die Naturkunde bereichert werden wird. Allein nicht nur der Hydrograph von Fach, sondern auch der wissenschaftliche Reisende vermag werthvolles Material für das Verständniss und die Navigation einer Küste zu sammeln.

Den von der Küste abliegenden Untiefen, Sandbänken, Riffen und der Kennzeichnung ihrer Lage, sowie ihrer Erscheinung, wende man besondere Aufmerksamkeit zu. Hier handelt es sich besonders darum, die Peilungen, womöglich Leitpeilungen (Deckpeilungen) anzugeben, durch welche man solche Gefahren vermeidet. Man sei in deren Angaben ganz besonders präcise und so klar, dass ein Irrthum nicht wohl stattfinden kann. Sind solche schon in Segelanweisungen niedergelegt, so ist gerade in diesem Falle eine Prüfung sehr erwünscht, weil oft Veränderungen in Gestalt und Umfang solcher Untiefen vor sich gehen, deren Feststellung dem Seemann von Bedeutung ist. Auch wenn es sich nicht um eine Vermessung handelt, ist es erforderlich, dass man Peilungen mit aller Sorgfalt nehme und dabei den Curs des Schiffes angebe, damit man die nach dem Compass gegebenen Richtungen später genauestens für Deviation zu corrigiren vermag. (Siehe den Abschnitt über Nautische Vermessungen Seite 429—430 d. Bds.)

Es wurde schon hervorgehoben, dass man sich alle Information über Gezeiten und Gezeitenströmung zu verschaffen, beziehungsweise festzustellen habe, wenn man eine Küste besucht. Dies gilt in gleichem Maasse von jeder physikalischen Eigenthümlichkeit, wie der Variation des Compasses, dem Verhalten des letztern in der Nähe der Küste, wenn sie aus vulcanischem, in den meisten Fällen die Magnetnadel beeinflussendem Gesteine besteht — dann auch von dem Stande des Barometers und seinen Oscillationen. Die meteorologischen Elemente und besonders auch die Temperatur und der Feuchtigkeitsgrad sind für Strahlenbrechung und Durchsichtigkeit der Atmosphäre von Wichtigkeit und sollen deshalb bei der Aufzeichnung der aufgenommenen Erscheinung einer Küste nicht vergessen werden. Oft kann eins oder das andere der genannten

Momente zur Erkennung oder zur Kennzeichnung einer Küste von Belang sein.

Die Eigenthümlichkeit der Brandung, der Bewegung des Wassers beim Herannahen oder dem Anschlagen an die Küste sollten beschrieben werden, weil sie, wie aus dem Früheren (Seite 559.) erhellt, Schlüsse auf die Gestaltung des Bodens gestatten. Je nach den Eigenthümlichkeiten der Wasserbewegung wird sich auch die geologisch-plastische Erscheinung des Gestades gestalten. Es ist wichtig, dass man in der Beschreibung desselben mit Rücksicht darauf präcise und wissenschaftlicher wie oft der Fall verfahre. Die Wirkung des Wellenschlages auf die Ufer erzeugt oft höchst charakteristische Formen. So werden sich bei Steilküsten durch das Wasser Küstenplattformen und Küstenterrassen bilden, wie diese z. B. an der Ostküste Australiens wahrzunehmen sind, während auf Flachküsten häufig Aestuarien oder Fluthbecken entstehen, deren Scheidewände gegen das offene Meer an der Ostseeküste Nehrungen genannt werden. In der Verzeichnung und Beschreibung solcher Bildungen unterstütze man sich durch Skizzen und wenn irgend möglich auch durch Pläne.

Erhebt sich hinter der Küste ein hohes Land, das oft viel früher in Sicht kommt als das wirkliche Gestade, so erwähne man dies — gebe auch den Charakter der Formen der Höhenzüge an: sind dieselben scharf oder abgerundet, tragen sie mehr das Gepräge eines Plateaus, indem ihre Conturen horizontal sich gegen den Himmel abheben? Beim Herannahen an die Küste sehe man zu, dass man über die Bildung des Landes zwischen ihr und dem dahinter liegenden Hochlande sich Aufschluss verschaffe und achte namentlich darauf, wann dies Gestade zuerst sichtbar wird. In diesem Falle sind Deckpeilungen als leitende Merkmale für die Ansegelung von grossem Werthe. Längs solcher Leitmarken vergesse man die Lothungen und die Grundproben nicht! — Mit diesen zugleich sind Temperaturbeobachtungen des Wassers — an der Oberfläche und in der Tiefe — wichtig, zumal wenn man Untiefen vermuthet.

Mündet ein Fluss an der Küste von einiger Bedeutung, so wird sich dies schon auf Meilen Entfernung durch Aenderung (Trübung) der Farbe des Wassers zumeist auch durch Aenderung der Temperatur zu erkennen geben Die Beobachtung des

Stromes ist in solchem Falle festzustellen — aber immer mit genauer Angabe der Zeit, damit man die Phase der Gezeiten dabei in Betracht ziehen kann.

Fjorde und Buchten geben sich schon dem einigermaassen geübten Auge des Seemannes durch die Gestaltung des umliegenden Terrains zu erkennen, wenigstens wenn dasselbe von einiger Erhebung über dem Wasser ist; ihre Aufnahme, eventuell ihre Beschreibung ist, da es sich hierin um Häfen und Ankerplätze handeln kann, für die Schifffahrt von Interesse und sollte nicht versäumt werden, wenn die Gelegenheit dazu gegeben.

Wie dies in genauer Weise geschehen kann, wird später in Kürze erörtert werden.

Handelt es sich um die Ansegelung eines unbekannten Landes, so wird man sich mit Vorsicht der Küste zu nähern haben — vielleicht ist das Herannahen unmöglich — alsdann suche man sich mittelst Ferngläser zu versichern, ob an der Küste Wohnungen von Menschen vorhanden und welcher Art dieselben sind — ob sie einigermaassen höhere Bildungsstufe verrathen oder ob sie so primitiv sind, dass man mit einiger Gewissheit den Urzustand der Bevölkerung annehmen kann.

Aus der Lage der Hütten — Wohnungsplätze — aus der Richtung der Bäume kann man sich, geleitet von einer allgemeinen Kenntniss des Windsystems, in welchem eine Küste, eine Inselgruppe liegt — eine Vorstellung von der vorherrschenden Windrichtung bilden, die bei einiger Uebung nicht weit von der Wirklichkeit sein wird. Sollen Segelanweisungen für eine Bucht, eine Flussmündung geschrieben werden, so führe man solche Wahrnehmungen an und wenn es die genaue Kenntniss der Beschaffenheit des Fahrwassers gestattet, so kann man durch Anführen des Buges, auf welchem man Ein- und Aussegeln soll, die Schifffahrt nach solchen Gegenden wesentlich unterstützen.

Ist die fragliche Küste von einem Culturvolke bewohnt, bei welchem man die Möglichkeit genauerer hydrographischer Erhebungen voraussetzen kann, so sammle man an betreffendem Material, was immer zu erlangen ist. Wie hierbei Kritik geübt werden soll, werden wir in einem späteren Paragraphen auseinandersetzen.

6. Aufnahmen und Beobachtungen an Bord.

Im Abschnitte „Nautische Vermessungen“ ist schon Alles das, was sich auf die eigentliche Aufnahme und Vermessung bezieht, gesagt worden. An dieser Stelle sollen zur Ergänzung des dort Gesagten noch einige Winke über Aufnahmen an Bord angefügt werden.

Die Aufnahmen an Bord tragen im Vergleiche zu jenen am Lande, von welchen in früheren Abschnitten gesprochen wurde, einen flüchtigeren und weniger strengen Charakter, wie dies in der Natur der Sache, in dem ewig bewegten Elemente, auf dem sie ausgeführt werden, begründet liegt. Allein auch die an Bord eines Schiffes ausgeführten Beobachtungen und Messungen sind einer beträchtlichen Genauigkeit fähig, wenn dabei nur die erforderliche Umsicht und eine zweckentsprechende Anordnung der Beobachtungen in Anwendung kommen. Beide lassen sich nur durch Uebung und Erfahrung erwerben und können in einer Abhandlung von dem beschränkten Umfange der unseren nur in den Grundzügen gekennzeichnet werden.

Nachdem bereits in einem früheren Abschnitte von den Strömungsverhältnissen, von den Bezeichnungen, wie sie bei Strömen und den mit ihnen verwandten Bewegungen des Wassers vorkommen, die Rede war, folgen nun zunächst in weiterer Ausführung einige hydrographische Erklärungen und Bezeichnungen. Um das Verständniss derselben zu erleichtern und gleichzeitig die Darstellungsweise hydrographischer Aufnahmen in Karten zu erläutern, ist hier ein Plan beigefügt, welcher nach den in der kaiserlichen Admiralität angenommenen und eingeführten Bezeichnungen ausgeführt ist. Im Anhang (Seite 619, 620) findet sich eine Tabelle der Bezeichnungen und Abkürzungen nebst den nöthigen Erläuterungen.

Innerhalb des Gebietes der Gezeiten hat man es vorzugsweise zu thun mit:

S a n d b ä n k e n, deren Umfang, Annäherung, Notizen über eventuelle Veränderlichkeit, über Lage zu den einzelnen Wasserständen nach den Gezeiten genauestens gegeben sein müssen. Fallen dieselben zeitweise trocken oder sind sie stets bedeckt? Hängen sie zungenförmig mit dem Festlande zusammen oder sind sie vollkommen getrennt, vielleicht parallel zur Küste

laufend? Die Barre der Flüsse gehört hierher, ihre Ausdehnung und der Wasserstand nach den verschiedenen Phasen der Gezeiten. Ist die Barre überall gleich tief oder bietet sie Rinnen und Durchfahrten; verschiebt sie ihre Lage? Ist ein Flussdelta gebildet und wie sind dessen Verhältnisse zum Wasserstande und den Gezeiten?

Ist das Ufer steil abfallend, so wird man möglicherweise mit Felsen und Riffen zu thun haben. Es fragt sich in diesem Falle gleichfalls, ob solche, wenn sie vorhanden sind, im Wasserspiegel liegen und bei welchem Wasserstande, ob sie stets bedeckt sind, auch bei der niedrigsten Wassertiefe, oder ob sie zeitweise trocken fallen.

Sind dieselben mit dem Festlande und in Reihen zusammenhängend oder vollkommen detachirt und vielleicht gruppenweise herumliegend?

Der Entwickelung der Dünenbildung ist Beachtung zu widmen und das Vorrücken derselben zu constatieren.

Wenn die Küste vulcanischer Natur ist, so ist es möglich, dass in den Riffen durch Hebungen und Senkungen, — durch vulcanische Ausbrüche, Veränderungen vorgehen. Man erkundige sich bei der Bevölkerung, wenn solche vorhanden, — ob man derartige Veränderungen wahrgenommen und ob darüber Traditionen bestehen.

Beim Ablothen der Riffe verfahre man mit Genauigkeit und Umsicht, damit die anzufertigende Karte dem Seemann wirklich von Vortheil sein kann.

Ganz besondere Beachtung verdienen die Korallenriffe. Da dieselben zumeist steil vom Boden, auf dem sie ruhen, aufsteigen, so zeigt das Loth selten das Herannahen an dieselben an. Es ist daher in sofern grosse Vorsicht nothwendig, während andererseits die Korallenbänke oder Riffe nicht über die Oberfläche des Wassers hervorragen, sondern meistentheils nur bis zu dieser hinan. Hier ist es vorzugsweise die Prüfung ihrer Stellung, die uns beschäftigen sollte. Sind es Küsten- oder Fransenriffe, welche sich unmittelbar an das Festland oder die Inseln anschliessen? Bei diesen Riffen ist zu prüfen, welchen Einfluss die Mündung von Flüssen auf deren Wachsthum ausübt. (Siehe Richthofen S. 267 d. Bds.)

Die Damm- oder Wallriffe sind meistentheils durch breite Canäle vom Festland oder der Insel, mit deren Küste

sie parallel ziehen, getrennt. Es sind zwischen diesen hindurch Durchfahrten, Passagen, die der mit der Vermessung Beschäftigte aufzunehmen und in der Karte niederzulegen hat. Innerhalb derselben sind meistentheils gute Ankerplätze und wegen des stillen Wassers gute Häfen.

Als Typus der ganzen Classe von Wallriffen kann das Great Australian Barrier reef um das nordöstliche Australien angesehen werden; die Lagunen oder Atolls sind die in sich selbst schliessenden Riffe, die meistentheils nur ganz niedere Inseln bilden und deren Aufnahme und genaue Niederlage in den Karten mit manchen Schwierigkeiten verknüpft ist. Auch hier sind Passagen durch die Riffe zu suchen und niederzulegen.

Bei allen Koralleninseln ist es von Werth Proben des Gesteins, worauf dieselben sitzen und ebenso von den Korallen selbst zu erhalten. Ferner sollten genauestens ihre Beziehungen zu den Gezeiten bestimmt werden; hierbei tritt der früher erwähnte Fall ein, dass man den für die Reduction bestimmten Pegel in einiger Entfernung vom Ufer (ausserhalb der durch die Riffe gebildeten Dämme) errichten muss, um von localen Einflüssen frei zu werden. Man hat sich durch Sondirungen bei den verschiedenen Formen von Korallenbildung, von der Art und Weise ihrer Entstehung ein möglichst klares Bild zu machen, wodurch auch die Frage, ob mit deren Entstehung vulcanische Thätigkeit verknüpft ist, beleuchtet wird.

Die Wirkung der Brandung auf die Küste, welcher Art sie auch sein möge, muss Gegenstand der Beobachtung sein und ist es namentlich wesentlich, dass in der Beurtheilung der Erscheinungen die geologische Forschung mit eingreift; den hydrographischen Reisenden wird daher auch das Studium des Abschnittes über Geologie S. 230—270 d. Werkes anempfohlen.

Welcher Natur auch die Küstenbildung sei, stets muss die Aufnahme so ausgeführt werden, dass sich daraus die Conturen, die Gestaltung der Vorgebirge, der Einbuchtungen, das Zurücktreten der Küste, Küstenplateaus u. s. w. darstellen lassen.

Die Aufnahme und Klarlegung der Verhältnisse unter dem Wasserspiegel — die Darstellung des Bodens nach Höhen und Tiefen, sowie die Untersuchungen über seine Bestandtheile, seine Beschaffenheit bilden einen wichtigen Theil der Aufgabe des mit Vermessungen beauftragten Seeoffiziers.

Es betrifft dies die Ausführung von Lothungen, über welche schon im Abschnitte „Nautische Vermessungen“ (Seite 425 ff. d. Bds.) das Erforderliche gesagt worden ist. Ueber Aufstellung eines Lothungsplanes, über das Eintragen der Lothungen in die Arbeitskarten und über Darstellung des Aufgenommenen in Plänen u. s. w. kann hier von weiteren Ausführungen abgesehen werden, zumal die im Anhange (Seite 625) angegebene Literatur bei Durchführung grösserer und systematischer Lothungsarbeiten consultirt werden muss.

II. Magnetische Beobachtungen an Bord.

Unter den Beobachtungen, welche an Bord und auf See ausgeführt werden, nehmen die magnetischen Beobachtungen einen hervorragenden Platz ein. Darunter sind übrigens nur solche Beobachtungen im vorliegenden Falle zu verstehen, deren Ziel und Zweck die Förderung der Vertheilung der magnetischen Kraft über die Erdoberfläche ist; die Lehre von der Deviation der Compasse kommt hier nur insoferne in Betracht, als die Beobachtungen an Bord für Deviation korrigirt werden müssen. Es kann auf die eigentliche Deviationsbestimmung und deren Anwendung im Allgemeinen nicht eingegangen werden; solches gehört in die praktische Navigation. Vielmehr wird an dieser Stelle nur beabsichtigt, die in dem Abschnitte über Bestimmung der magnetischen Elemente am Lande (H. Wild, S. 292—323 d. Bds.) gegebenen Erörterungen und Winke durch Erweiterungen derselben für die Zwecke an Bord zu vervollständigen. Dabei wird von der Voraussetzung ausgegangen, dass man zu Zwecken der magnetischen Beobachtungen überhaupt nur Schiffe wählt, die in geringem Maase dieselben beeinflussen können, bei welchen die Deviationen (Correctionen) nur unbedeutend sind. Bei dem gegenwärtigen, vorgerückten Stand der erdmagnetischen Wissenschaft (der zahlreichen und zuverlässigen Reihen magnetischer Beobachtungen über die Erde) haben nur Bestimmungen der magnetischen Elemente noch einen Werth, die das grösste Maass von Genauigkeit erreichen; es liegen aber nachweisbar die wesentlichsten Ursachen des Auseinandergehens einzelner Beobachtungen und Beobachtungsreihen in der Unsicherheit der Bestimmung der an den Beobachtungen anzubringenden Correctionen. Wenn man also

in erster Linie bei der Auswahl eines Schiffes zu Zwecken magnetischer Beobachtungen darauf Betracht zu nehmen hat, dass möglichst wenig störendes Eisen an Bord sich befindet, so hat man in zweiter Linie die Constanten und Coefficienten der Deviation häufiger zu bestimmen und zu controliren, als dies bisher der Brauch war. Namentlich ist es in Fällen, in welchen das Schiff lange auf einem und demselben Curse lag von Bedeutung, sich, wenn immer eine Gelegenheit dazu gegeben ist, davon zu überzeugen, dass störende (nicht in die Berechnung gezogene) Veränderungen nicht vorgegangen. Bei Cursänderungen hat man sich vor dem störenden Einfluss des remanenten Magnetismus in Acht zu nehmen, damit die aufgestellten Correctionsformeln in Wirklichkeit Anwendung finden können. Aus diesen Gründen und weil es sich als schwierig erweisen dürfte, stets in den bezeichneten Fällen die erforderlichen Fundamental-Untersuchungen auszuführen, sollte man grössere Eisentheile ganz an Bord der Schiffe, die zu magnetischen Zwecken gebraucht werden, vermeiden. Allein, da solche Fahrzeuge in der Regel auch für geographische Forschungen und Meeresuntersuchungen gebraucht werden, im Forschungsplan für dieselben sowohl die magnetischen, wie die allgemeinen oceanischen Untersuchungen eingeschlossen sind, kann man der Schiffsmaschine und was damit zusammenhängt nicht mehr entbehren, die andernfalls, hätte man nur die Brauchbarkeit der magnetischen Beobachtungen im Auge, als Hauptursache der Störungen vermieden werden sollte. Man muss sich im gegebenen Falle der Ausrüstung einer Expedition zur See für magnetische Zwecke gegenwärtig halten, dass durch den zuletzt berührten Umstand die Bestimmung der magnetischen Elemente an Bord in unsern Tagen unter minder günstigen Verhältnissen angestellt werden muss als in den Tagen von Ross dem Jüngeren, wo man sich nur der hölzernen Segelschiffe bediente und die grösste Sorgfalt bei der Wahl des Aufstellungsortes der Instrumente angewendet werden konnte, somit kleinste Werthe der Correctionen erhalten wurden und möglichste Beständigkeit in den störenden Einflüssen zu sichern war.

Es darf nach diesen Ausführungen wohl als selbstverständlich angenommen werden, dass magnetischen Beobachtungen an Bord von Schiffen ausgeführt, deren Coefficienten nicht genauestens untersucht und häufig controllirt werden, jeglicher

Werth abgesprochen werden muss, wenn es sich dabei um die Weiterentwickelung der erdmagnetischen Wissenschaft handelt. Das Nichtbeachten dieses Gesichtspunktes bedingt insoferne eine Schädigung der erdmagnetischen Forschung, weil Ergebnisse zweifelhafter Natur nur Verwirrung in die Auffassung der Erscheinungen in einzelnen Gebieten der Erde oder in ihrer Gesammtheit auf der Erdoberfläche bringen können. Hat man in Hinsicht auf die Auswahl des zu verwendenden Schiffes alle Umsicht angewendet, so ist man bei magnetischen Untersuchungen an Bord in mindestens gleich günstiger Lage, als bei solchen am Lande, wenn man nur die Localstörungen berücksichtigt, weil man sich von denselben möglichst frei gemacht hat und dieselben stets bestimmen kann, was am Lande häufig erhebliche Schwierigkeiten bietet. Beim Herannahen an eine Küste, bei Untersuchungen unter Lande ist auch in unserem Falle grosse Vorsicht erforderlich, damit man nicht ungewarnt durch locale Einflüsse gestört werde. Hat man einmal aus den Beobachtungen die Ueberzeugung gewonnen, dass die Küste und der Grund unterhalb des Fahrzeuges einen störenden Einfluss äussere, dann sollte man eine möglichst eingehende Prüfung der localen Verhältnisse vornehmen, um zu ermitteln, welcher Natur die Störungen sind. Es ist alsdann rathsam die Untersuchungen auch auf das Land auszudehnen und zwar mit dafür geeigneten Instrumenten, die aber mit den an Bord fest aufgestellten und verwendeten genauestens verglichen werden müssen.

Diese Erwägungen sind für das erfolgreiche Wirken maritimer erdmagnetischer Untersuchungen von so erheblichem Gewichte, dass es zweckdienlich erscheint, einige Stellen grösserer Störungen an den Küsten namhaft zu machen; wir schliessen uns hier den Angaben englischer Autoritäten an.*)

1. Nach russischen Vermessungen ist in der Bucht von Odessa auf einer südlich davon gelegenen Untiefe eine Abweichung in magnetischer Declination von 2° bis 3° beobachtet worden auf einem vergleichsweise beschränkten oceanischen Gebiete.

2. Englische Vermessungsfahrzeuge beobachteten an der Nordwestküste von Australien in der Nähe von Cossack, 3 See-

*) Herr Staff-Commander Ettrick W. Creak R. N.

meilen vom Lande, eine Ablenkung des Compasses von 30°, während einer Fahrt von mehr als einer Seemeile durch das Wasser.

3. Englische Vermessungsfahrzeuge haben an der Küste von Labrador in der Nähe des Cap St. Francis erhebliche Compass-Störungen nachgewiesen, ebenso bei Neu-Irland-, Bougainville-, Salomon-Inseln. Ein Gleiches gilt von der Gegend des Tumbara-Vulcan, der Sumbawa-Insel und der Nähe von Java.

4. Aus den Berichten Portugiesischer Vermessungsfahrzeuge geht hervor, dass die Gegend der Insel de Los an der Westküste von Afrika ganz erhebliche Störungen im Verlaufe der magnetischen Elemente erkennen lässt.

5. Französische Vermessungsfahrzeuge geben an, dass an der Küste von Madagaskar magnetische Störungen zur Regel gehören; nur Tamatave und Majunga schienen frei davon zu sein, während Sainte-Marie de Mad. Vohémar, Andevorante und Nossi-Bé grosse Abweichungen zeigen. Ein Gleiches gilt von der Insel Réunion, wo sich auf wenige Meter Ortsveränderung schon beträchtliche Aenderungen der magnetischen Elemente erkennen lassen. (Annales Hydrographiques Vol. II 1886 p. 450).

Die wenigen Beispiele sollen dazu dienen, den Reisenden darauf aufmerksam zu machen, damit er an Bord beobachtend in der Nähe von Küsten und auf flachem Grunde auf seiner Hut sei.

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, dass maritime Expeditionen zur Ermittelung der erdmagnetischen Elemente nur dann von eminenter Wichtigkeit für die Entwickelung der Theorie (Begründung einer Hypothese) des Erdmagnetismus sein werden, wenn die grösste Umsicht und Vorsicht bei den Beobachtungen angewendet wird. Ferner geht daraus hervor, dass es schwierig sein wird, wie bisher üblich, oceanische Forschungen mit magnetischen Untersuchungen zur See zu vereinigen: es sollten die letzteren nur alsdann in grösserem Maassstabe ausgeführt werden, wenn man den verschiedenen erörterten Gesichtspunkten volle Rechnung tragen kann.

Bei magnetischen Beobachtungen am Lande gilt als Regel, dass man sich eine Position wählt, die frei ist von localen Störungen und dass Beobachtungen, welche nachträglich als durch solche beeinflusst erkannt, am zweckmässigsten gänzlich

verworfen werden, wenn man nicht besondere Untersuchungen darüber anzustellen in der Lage sich befindet. Bei den Beobachtungen an Bord ist dies anders und daher tritt zu der allgemeinen Feststellung der Methode der Beobachtung in unserem Falle noch eine zweite Aufgabe: Bestimmung der an die Beobachtungen wegen störender Finflüsse anzubringenden Correctionen und die dazu erforderliche Kenntniss der Coefficienten und Constanten, und wir haben sonach:

1. Instrumente und Methoden der Beobachtung an Bord.

2. Bestimmung der Coefficienten für die Correction der Beobachtungen.

Für Beobachtungen an Bord ist es in erster Linie von Bedeutung, den richtigen Ort für die Aufstellung der Instrumente zu wählen. Hierbei muss ganz besonders beachtet werden, dass der Aufstellungsort nicht während der Dauer einer Reise gewechselt werden muss, sondern dass vielmehr alle Beobachtungen auf diesen Ort bezogen werden sollten, weshalb auch zu erwägen ist, ob der Ort frei von Veränderungen gelassen werden kann. Die Aufstellung soll ferner so gewählt werden, dass die störenden Einflüsse ein Minimum werden, namentlich aber muss darauf geachtet werden, dass Eisenmassen, welche im Dienste oder sonst bewegt werden müssen, so weit entfernt gehalten werden, dass sie die Beobachtungen nicht beeinflussen können. Sollte dies auch erreicht worden sein, ist es trotzdem gut, dass man während der Ausführung aller Reihen von magnetischen Beobachtungen stets solche beweglichen Eisenmassen, wie Kanonen, Reserveschrauben, Davits u. s. w. in ein und derselben Lage, die man sich durch Marken zu bezeichnen hat, erhält. Die Höhe der Instrumente über Deck sei so gewählt, dass man von dem Punkte der Beobachtung frei über die Regeling und die etwaigen Deckhäuser hinwegsehen kann. Man sieht, dass in diesem Falle die Aufstellung der Instrumente eine Sache ist, die mit grosser Sorgfalt ausgeführt werden muss.

Ad 1. Zu den magnetischen Beobachtungen an Bord werden ausser den Compassen zu Bestimmungen der magnetischen Declination (Variation) auch noch Declinatorien benutzt, während Inclination und Intensität am vortheilhaftesten mit dem Apparate von Fox bestimmt werden. Das Deviations-Magnetometer dient gleichfalls zu Bestimmungen der Intensität und Inclination,

ist aber speciell für die Bestimmungen der Coefficienten in eisernen Schiffen berechnet und wird hier daher nicht näher besprochen werden.

Der zu Bestimmungen der Declination verwendete Compass soll ein Normalinstrument sein, d. h. es müssen sich bei demselben alle Fehler genauestens bestimmen, in Rechnung bringen oder eliminiren lassen. Auf Eisenfreiheit des Gusses muss besondere Sorgfalt verwendet werden, während die Rose, deren Nummer stets den Beobachtungen hinzuzufügen ist, so beschaffen sein muss, dass man sie umlegen kann, um die Collimation der Nadel zu entfernen oder, wie es in den meisten Fällen zu geschehen pflegt, zu bestimmen und bei den einzelnen Lagen der Rose in Rechnung zu bringen. Der Prismenfehler des Peilapparates und Excentricität müssen gut bestimmt und womöglich corrigirt werden, auch prüfe man genauestens, ob das Deckelglas des Compasses nicht durch prismatische Gestalt die Ablesungen beeinflusst. Durch den äusseren Theilkreis ist man jeden Augenblick in der Lage, eine genaue Untersuchung des Instrumentes, die übrigens vor der Reise auszuführen ist, vorzunehmen, damit man eventuell das Instrument verwerfen kann.*)

Das Declinatorium von Dr. Neumayer**) ist gleichfalls für Schiffsgebrauch eingerichtet, indem es in einer cardanischen Aufhängung schwingt. Die Aufhängung der Nadel ist auch in diesem Falle auf Spitzen, die Einstellung mittelst Spiegel, und es kann die Nadel in beiden Lagen beobachtet werden. Beide Instrumente, Declinatorium und Normalcompass, werden genau mit Beziehung auf die Kiellinie orientirt, so dass man auch bei jeder Beobachtung mit denselben den Schiffscurs abzulesen vermag. Von Zeit zu Zeit sind die beiden Instrumente an Land und wenn irgend möglich auf einem Observatorium, in welchem die magnetische Declination bekannt ist, zu prüfen; der Beobachter sollte sich stets gegenwärtig halten, dass ohne einen solchen Vergleich die gewonnenen Resultate nur einen sehr bedingten Werth haben können. Im Uebrigen gelten auch hier für die Beobachtungen an Bord dieselben Regeln, wie sie für Landbeobachtungen aufgestellt wurden (Wild, Beobachtung

*) Siehe Handbuch der nautischen Instrumente (Hydro-Amt) Seite 202 u. 218 u. ff. Auch Compass an Bord Cap. II., Abschn. 5.

**) Siehe Handbuch der nautischen Instrumente (Hydrogr. Amt) S. 259—266.



der magnet. Elemente). Es wird nebst der Angabe der Zeit, auch noch der Schiffscurs und eine Schilderung der Umstände, unter welchen die Beobachtungen gemacht wurden, hinzugefügt.

Mit Beziehung auf die Bestimmung eines astronomischen Azimutes muss bei Beobachtungen, auf See ausgeführt, erwogen werden, dass sich die Collimation des Kreises wegen der Schiffsbewegung stets ändert, denn wie genau auch auf das Steuern geachtet werden mag, und es ist dies eine der wesentlichsten Bedingungen für eine gute Beobachtung, so ist es doch unmöglich, die Richtung des Kieles und damit die Lage des Kreises innerhalb der zu erstrebenden Genauigkeit der Beobachtung, auch nur für eine sehr kurze Zeit, inne zu halten.

Bei dem Gebrauche des Compasses, wo die Peilungen der Sonne oder eines Gestirns stets gleichzeitig mit der Ablesung der Rose geschieht, hat diese Aenderung weniger zu bedeuten, bei dem Declinatorium, wie es in der kaiserlichen Marine für die Küstenvermessung im Gebrauche ist, dagegen wird die Aenderung der Lage des Kreises stets vor und nach einer magnetischen Einstellung controlirt, da ein gleichzeitiges Ablesen vom Gestirn oder von einem terrestrischen Objecte von bestimmtem Azimut nicht möglich ist. Zur Bestimmung des astronomischen Azimutes bedient man sich auf See am zweckmässigsten der Morgen- und Abendpeilungen der Sonne, oder auch Peilungen irgend eines hellen Gestirnes, dessen Höhe über dem Horizont 10 Grade nicht übersteigt. Die Ermittelung der Zeit und die genaue Ableitung der geographischen Position sind hierbei wesentliche Erfordernisse, da ja magnetische Beobachtungen überhaupt ohne die letzteren nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft kaum einen Werth haben. Mit Rücksicht auf die Ausführung der einzelnen, hierzu nöthigen Operationen wird auf die betreffenden Paragraphen der Aufsätze von Tietjen, Hoffmann und Wild dieses Werkes verwiesen, während andererseits jedes Handbuch der Navigation über dieselben Aufschluss giebt. Oft kann es sich ereignen, dass ein Schiff Tage und Wochen an einem Orte vor Anker liegt und die Ermittelung des Azimutes eines terrestrischen Objectes (Mire) sehr erwünscht erscheint, während der Zustand des Wetters solches auf astronomische Weise durchzuführen nicht gestattet. Wenn nun in einem solchen Falle die geographischen Coordinaten dreier Objecte gegeben sind, so kann man sich durch Peilungen

nach denselben nach dem Pothenotischen Probleme die Position des Schiffes und daraus die Azimute der Objecte ableiten. Wird darauf, wenn 4 oder mehr Miren nach ihren Coordinaten gegeben sind, eine einfache Ausgleichungsmethode angewendet, so kann man mit grosser Schärfe und auch ohne zu grossen Zeitverlust die Collimation des Theilkreises aus den Miren ermitteln.

Der Fox'sche Apparat.*) Ohne Zeichnung wird die nachfolgende Beschreibung dieses Apparates der wünschenswerthen Klarheit entbehren müssen und kann deshalb nur dringend empfohlen werden, sich durch das Studium der unten angeführten Werke mit der Construction dieses wichtigen Apparates vertraut zu machen. Derselbe besteht aus einem cylindrischen Messinggehäuse, welches durch eine Stütze in verticaler Lage gehalten wird, und mit einer Alhidade, die sich auf einem horizontalen Kreise dreht, in Verbindung steht. Derselbe stellt sonach ein Inclinatorium dar, welches nur für die Zwecke an Bord eine besondere Construction erhalten hat, indem die Aufhängung der Nadel so eingerichtet ist, dass ein Herabgleiten und Verschieben der Axe derselben von den Lagern nicht stattfinden kann. Zu diesem Zwecke dient ein mit Rücksicht auf seine Entfernung von der verticalen Ebene des Instrumentes verschiebbarer Arm, welcher an seinen Vorderenden das Lager für den inneren Zapfen der Axe der Nadel trägt, während der andere in einem genau centrisch zum ersteren, in der Mitte des Verticalkreises befindlichen Steinlager ruht. Diese Anordnung gestattet, dass die Nadel ohne jede Schwierigkeit in die Lager gelegt und sodann genau adjustirt wird; für die Ablesung ihrer Enden ist es nothwendig, dass der Arm auf einer um die Mitte des festen Steinlagers drehbaren Scheibe angebracht wird, weil sonst in gewissen Lagen der Träger des Armes die freie Bewegung der Nadel hindern würde. Durch die Drehbarkeit derselben kann man dies für jede mögliche Lage verhindern, wähend andererseits dieselbe dazu dient, die Nadel mittelst des Trägers des Armes nach der einen oder der anderen Seite zu bringen. Es befindet sich an derselben Scheibe noch ein kleiner Bügel von einer solchen Grösse, dass er die Nadel aufzunehmen und festzuhalten vermag. An der Rückseite

*) Handbuch der nautischen Instrumente, Hydrographisches Amt der Admiralität, E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1882, Seite 266 ff. — Report of the Cornwall Polytechnic Society for. 1833. p. 25—34.



des Apparates befinden sich in Verbindung mit der Scheibe zwei Knöpfe, vermittelst welcher dieselbe leicht gedreht werden kann. Diese Knöpfe sind gleichzeitig die Schraubenköpfe, mittelst welcher sowohl der Arm als auch der erwähnte Bügel zu der Verticalebene herangebracht oder von ihr entfernt werden kann.

Das Inclinationsgehäuse hat zwei getheilte Kreise, die genau centrisch mit der Axe der Nadel sind und deren Ebene senkrecht auf ihr steht, wenn die Zapfen in den betreffenden Lagern, genau adjustirt, sich befinden.

Der eine dieser beiden getheilten Kreise liegt etwas weiter zurück als der andere; es hat dies den Zweck, bei der Ablesung die Parallaxe zu vermeiden, indem man die der betreffenden Ablesung zunächst liegenden Theilstriche des vorderen und hinteren Kreises zur Coincidenz bringt, wodurch die Untereintheilung ermöglicht wird. Der äussere Kreis ist in Viertel-Grade getheilt und in jedem Quadranten bis 90° derartig fortlaufend beziffert, dass die Verticalstellung der Nadel oben und unten mit 90°, die Horizontal-Stellung zu beiden Seiten mit 0° abgelesen wird. Eine geringe Uebung wird genügen, in der Ablesung die wünschenswerthe Sicherheit zu gewähren. An der Rückseite des verticalen Gehäuses befindet sich ein dritter getheilter Kreis, welcher mit den beiden übrigen centrisch (nicht in derselben Ebene) liegt und dessen Theilstriche mit jenen der ersteren genau übereinstimmen.*) Darauf und um die Lager der Axe der Inclinationsnadel dreht sich eine Alhidade mit 2 Nonien und zwar unabhängig von der vorher erwähnten Scheibe, welche den Arm des Zapfenlagers trägt. Dieser letzte Kreis hat den Zweck, stets an der Rückseite die Ablesung der Nadel fixiren, um gemäss derselben die fest mit der Alhidade verbundene Ablenkungsvorrichtung einstellen zu können, als wenn dies mittelst der Theilstriche an der Vorderseite geschehen wäre. Die Ablenkungsvorrichtung enthält Schraubengewinde, in welche die Ablenkungsmagnete (Deflectoren) eingeschraubt werden können. Es ist einleuchtend, dass man mittelst dieser Vorrichtung auf irgend einen Winkel mit der Inclinationsnadel oder auf diese selbst, zu Zwecken der Ablenkung derselben, einstellen kann.

Der Apparat hat an seinen Kreisen keine feine Bewegung

*) Die Nummerirung ist jedoch so, dass 0 oben und unten und 90° an den Enden des horizontalen Durchmessers steht.

(Mikrometergetriebe), wohl aber in dem Dreifuss des Horizontalkreises Stellschrauben, zum Horizontalstellen mittelst zweier senkrecht aufeinander auf dem Limbus des Horizontalkreises befindlichen Libellen. Der Limbus ist bei den älteren Instrumenten dieser Art so eingetheilt, dass an den Enden des einen Durchmessers 0 steht, während der darauf senkrechte an seinen Enden 90° angeschrieben hat, so dass also in jedem der Quadranten von 0 bis 90° gezählt wird. Die neueren Instrumente haben eine etwas andere Bezeichnung; jedoch ist dies unerheblich und genügt nur einiges Nachdenken, um sich sofort mit irgend einer der angewendeten Weisen vertraut zu machen.

Im Innern des Gehäuses ist ein Thermometer angebracht.

Ueber dem inneren festen Zapfenlager und an der Rückseite des Gehäuses befindet sich ein etwa 2 Centim. langer Dorn, der dazu dient, auf das Zapfenlager und dadurch auf die Nadel eine Erschütterung hervorzubringen, indem an demselben während der Beobachtung (Ablesung) der Nadel mit einem gerippten Elfenbeinstücke rasch und leicht gerieben wird. Dadurch überwindet die Nadel leicht jede Reibung und stellt sich sicherer ein.

Die Nadeln, welche mit ganz besonderer Vorsicht zu behandeln, namentlich vor Rost und Stössen zu bewahren sind, haben im Ganzen die Form der Inclinationsnadeln, nur dass sie auch noch ein mit einer Rinne versehenes Rad haben, über welches ein Seidenfaden mit Gewichten gehängt werden kann. Besondere Sorgfalt ist auf die Zapfen, welche sehr fein sind, zu verwenden; beim Einlegen und Festschrauben der Lager muss man sehr vorsichtig sein. Man fasse die Nadel bei dem beschriebenen Rädchen und lege zuerst die Zapfen in das äussere, bewegliche Lager ein und leite den andern, indem man den Arm zurückschraubt, in das andere Zapfenlager hinein.

Die Deflectoren sind in Messinghülsen eingelegte Magnetstäbe, welche keine weitere Beschreibung erfordern. Auf die an der äusseren Hülse angebrachten N.- und S.-Bezeichnungen muss bei dem Verpacken geachtet werden.

Der Tisch mit cardanischer Aufhängung, auf welche der Fox'sche Apparat gestellt wird, muss von besonders guter und tüchtiger Arbeit sein. Wenn das Instrument darauf gestellt und adjustirt ist, so hat man die Orientirung nach der Kiellinie des Schiffes vorzunehmen. Wan wählt dieselbe am

zweckmässigsten so, dass die Nullstrich-Linie des Horizontalkreises mit der Längsschifflinie zusammenfällt und man sofort die Curse abzulesen vermag, ohne erst einer Rechnung zu bedürfen.

Auf einer längeren See-Reise lässt man das Instrument auf dem Stative, weil Adjustirung und Orientirung zu zeitraubend sein würden; um dies ohne Gefahr für das Instrument thun zu können, ist der Tisch mit einer Glasglocke und einem Messinggeflechte versehen, über welche man noch eine Presenningdecke legen kann, wenn das Instrument nicht gebraucht wird.

Aufstellung und Anordnung der Instrumente an Bord. Es wurde schon über die Wahl des Aufstellungsortes und die an denselben zu stellenden Anforderungen gesprochen, und es ist daher hier nur nöthig zu erklären, wie der Fox'sche Apparat und der Normalcompass (Regelcompass des Schiffes) aufgestellt werden sollten. Wenn wir von den zu bestimmenden Correctionen sprechen, werden wir auch über diesen Punkt, namentlich auch über den Positionscompass des Apparates zu sprechen haben. Es ist wünschenswerth, dass der Fox'sche Apparat in der Nähe des Regelcompasses aufgestellt werde, und zwar, für den Fall nur einer an Bord ist, Mitschiffs 1 oder $1^1/_2$ Meter von demselben entfernt und nahezu in derselben Höhe über Deck, so dass zur Noth die zu bestimmenden Correctionen für beide Instrumente gelten können, was nicht schwierig ist, wenn der Ort der Aufstellung günstig gewählt wurde.

Beobachtungen mit dem Fox'schen Apparate. 1. Um den magnetischen Meridian zu bestimmen, dreht man das Instrument so lange und zwar allmählich, bis endlich die Nadel vollkommen vertical zu stehen kommt, nachdem sie bei Anwendung von leiser Erschütterung an der Rückseite einige Schwankungen gemacht hat. Für diese Stellung der Nadel ist die Ebene der Theilung des Verticalkreises rechtwinklig zur Ebene des magnetischen Meridians. Allein es ist nothwendig, dass der Verticalkreis jedes Mal auch um 180° gedreht wird, in welcher Lage die Nadel alsdann abermals sich vertical stellt. Auf diese Weise wird die erste Beobachtung controlirt und, wenn nöthig, verbessert. Hat man den Punkt des Horizontalkreises, der in beiden Lagen der verticalen Stellung der Nadel entspricht, abgelesen, daraus den um 90°. davon liegenden

Meridian gefunden, und kennt man ferner den Punkt, wo der astronomische Meridian den Horizontalkreis durchschneidet, so kann man sofort die uncorrigirte magnetische Declination (Variation) ableiten.*)

2. Um die magnetische Inclination zu beobachten, kann man sich der gewöhnlichen Methode bedienen, die auch in Wild's Aufsatz pag. 304 ff. beschrieben ist; nur ist zu bemerken, dass die zur Beobachtung verwendeten Nadeln nicht ummagnetisirt werden dürfen, weil sie auch zu Intensitätsbestimmungen verwendet werden. Man muss für diesen Fall mit derselben Nadel am Lande und an einem Orte Beobachtungen machen, an dem die Inclination auf das Genaueste bekannt ist und daher durch den Vergleich der Resultate, der Indexfehler der Nadel bestimmt werden kann. Anstatt dieser gewöhnlichen einfachen Methode der Beobachtung wendet man meistentheils auf See die Methode der Ablenkung an, d. h. es wird zuerst der Punkt des Verticalkreises bestimmt, welchen die ungestörte Nadel einnimmt, sonach ist dieser Punkt auch auf dem Kreise an der Rückseite bekannt. Alsdann stellt man die Alhidade des Verticalkreises so ein, dass der darauf eingeschraubte Deflector um 30°, 40° oder 50° von der Richtung der Inclinationsnadel absteht, und zwar geschieht dies zuerst auf der einen Seite jener Richtung, und sodann auch auf der anderen. Die beiden Lagen des Deflectors werden unterschieden, indem man gemäss der bei der Nadel bewirkten Ablenkung von einer Ablenkung „nach der Verticalen“ und von einer solchen „durch die Verticale“ spricht. Diese Beobachtungen werden in der Kreislage gegen West und jene gegen Ost ausgeführt und zwar für beide Reihen mit denselben Winkeln. Hat man 30° angewendet, da der Kreis gegen West war, so hat man auch 30°, da er gegen Ost ist, anzuwenden u. s. w.

Die entsprechenden Ablenkungen der Nadel zu Mittelwerthen vereinigt, ergeben jedes Mal die Mittellage oder die verbesserte Inclination der Nadel. Da man eine beliebige An-

*) Bei den älteren Instrumenten dieser Art war ein kleines Fernrohr zu Zwecken der Bestimmung des astronomischen Azimuts und Ableitung des Meridianpunktes auf dem Kreis angebracht; bei den neuen Instrumenten fällt diese Einrichtung fort und wird man sich zur Berechnung der Declination am besten des Positionscompasses bedienen.



zahl verschiedener Ablenkungswinkel anwenden kann, so kann man auch eine grosse Anzahl von Bestimmungen der Inclination erhalten, welche alle den Vortheil haben, dass sie in verschiedenen Lagen der Zapfen in den Lagern ausgeführt wurden.

Es wird hier ein für alle Male darauf aufmerksam gemacht, dass man beim Beobachten (Ablesen) der Nadel jedes Mal die Erschütterung durch Reiben anwendet und ferner, dass man für ein und dieselbe Ablesung stets die Scheibe, welche den Arm des Zapfenlagers trägt, dreht und zwar in 4 verschiedenen Positionen, für welche die Ablesungen gemacht werden. Die verschiedenen Reihen werden zu Mittelwerthen combinirt und an das Gesammtmittel die in einem Observatorium ermittelte Indexcorrection angebracht, um endlich die Inclination zu erhalten, an welche alsdann die für locale Einflüsse berechnete Correction anzubringen ist. Auf See kann man häufig nur in einer Lage des Kreises die Inclination beobachten, hat man dies gethan, so darf man auf das Endresultat auch nur die für diese Kreislage an Bord ermittelte Indexcorrection anwenden, um den wirklichen Werth der Inclination zu erhalten. Einer näheren Ausführung bedarf die an und für sich einfache Sache nicht.

3. Bestimmung der relativen Intensität des Erdmagnetismus. Mit Anwendung von constanten Gewichten. In dem von Dover in London verfertigten Apparate befindet sich ein Etui mit einer Anzahl von gut adjustirten kleinen Gewichtchen von 0,25 bis 2,0 *Grains*. Diese werden an einem feinen Seidenfaden, welcher mit kleinen Häkchen an beiden Enden versehen ist, so über das an der Nadel befindliche Rädchen gelegt, dass sie frei schweben. Man thut wohl daran, sich die einzelnen Gewichte, welche bei einer Beobachtung benutzt wurden, zu merken und immer wieder anzuwenden, so lange dies angeht.

Wenn das Instrument genau adjustirt ist, stellt man den verticalen Kreis in die Ebene des magnetischen Meridians und hängt zuerst das Gewicht (oder die Gewichte), welche man benutzen will, an das eine Ende des Fadens, so wird die Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage verdrängt werden. Indem man die angeführten Vorsichtsmaassregeln (Reiben und Aendern der Lager) beim Ablesen beachtet, erhält man auf diese Weise eine Ablesung u, und wenn man das Gewicht einhängt an das andere Ende, eine Ablesung u'. Man unterscheidet beide Ab-

lenkungen gerade so, wie im Falle der Inclination, nämlich: „Nach der Verticalen“ und „durch die Verticale“. Die Mittellage der Nadel wird nun wieder $\frac{u + u'}{2}$ und der Ablenkungswinkel $\varphi = \frac{u - u'}{2}$. Man muss hierbei beachten, ob die Nadel in einem Falle nicht die Horizontale, in dem anderen nicht die Verticale passirt hatte, damit man der Ablesung das richtige algebraische Zeichen geben kann.

Gestatten es die Umstände und Zeit, so kann man die Beobachtung mit derselben Nadel in der anderen Kreislage wiederholen; wenn der Kreis zuerst West war, so wird er nun Ost und umgekehrt. Ebenso kann man noch eine zweite Nadel für denselben Zweck benutzen.

Hat man am Lande, in einem Observatorium, welches nun als Basis für die Beobachtungen zur See dienen soll, den Ablenkungswinkel für ein bestimmtes Gewicht gemessen und es sei derselbe φ_0 gewesen und die dazu gehörige Intensität J_0, so ist, wenn φ und J die entsprechenden Werthe für eine Station an Bord waren: $J = \frac{J_0 \sin \varphi_0}{\sin \varphi} (1 + q (t - t_0))$; $J_0 \sin \varphi_0$ ist eine Constante, die so oft, als sich Gelegenheit dazu findet, bestimmt werden sollte; q ist ein Coefficient für Temperatur, welcher ergiebt, um wie viel sich das magnetische Moment der Nadel für jeden Grad der Temperatur mehr verändert und muss in einem Observatorium bestimmt werden, t ist die Temperatur zur Zeit der Beobachtung, t_0 ist die Temperatur der Station, auf welche mittelst des Coefficienten der durch die Beobachtung erhaltene Werth reducirt wurde.

Mit Anwendung von Deflectoren. Anstatt der Gewichte, welche auf See schwerer und seltener anzuwenden sind, gebraucht man in den meisten Fällen die Deflectoren. Dieselben werden in die an den Arm der Alhidade des hinteren Kreises befindlichen Gewinde eingeschraubt und zwar je nachdem, einer derselben, oder beide zugleich, in der Anordnung, wie sie sich aus einer Beachtung der auf den Deflectoren befindlichen Buchstaben (N und S) sofort ergiebt. Es wird nämlich zuerst die Neigung der Nadel beobachtet, sodann werden mittelst der Nonien des Kreises an der Rückseite die

Arme so eingestellt, dass dieselben mit der Richtung der Neigungsnadel coincidiren, und hat dies möglichst genau zu geschehen. Werden sodann die Deflectoren richtig aufgeschraubt, d. h., dass z. B. das mit N bezeichnete Ende derselben bei nördlicher Inclination am unteren Arme an der Kreisebene, am oberen Arme aber entfernt von dieser Ebene zu stehen kommt, so wird die Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht, abgelenkt und zwar wieder entweder nach der Verticalen zu oder durch dieselbe. Hat man zuerst eine Lage der Nadel im abgelenkten Zustande unter Berücksichtigung der Vorsichtsmaassregel (starke Erschütterung durch Reibung am Zapfen und indem man in 4 verschiedenen Lagen des Armes, in welchem das äussere Zapfenlager liegt, beobachtet) ermittelt, so bewegt man die Nadel alsdann mittelst des Armes und Drehens der Scheibe so weit, bis sie nach der anderen Seite abgelenkt wird — die Deflectoren bleiben aber unverrückt an ihrer Stelle — so erhält man aus den vier zu nehmenden Beobachtungen eine Mittelbeobachtung für die abgelenkte Nadel auf der anderen Seite und wenn u und u' wieder die Ablesungen in den beiden Lagen sind, so ist der Ablenkungswinkel φ in diesem Falle: $\varphi = \frac{u - u'}{2}$, wobei man aber wieder auf die algebraischen Zeichen achten muss, die darnach bestimmt werden, ob in einem Falle die Ablenkung bis über die Horizontale, oder im anderen bis jenseits der Verticalen geht. Eine Beachtung der Theilung des Instrumentes wird hier vor jeglichem Irrthume bewahren.

Man lese auch an dem im Gehäuse befindlichen Thermometer die Temperatur am Anfange und am Ende einer Reihe ab, damit man die nöthige Correction für Veränderung des magnetischen Momentes durch die Temperatur bestimmen kann. Wenn der mit genau demselben Deflector (oder Deflectoren) an der Normalstation erhaltene Ablenkungswinkel φ_0 und die erhaltene Intensität J_0, die Temperatur t_0 und der ermittelte Temperatur-Coefficient q ist, dann hat man für J, die Intensität an der zu beobachtenden Station an Bord:

$$J = \frac{J_0 \sin \varphi_0}{\sin \varphi} (1 - q(t - t_0)).$$

Man sieht alsbald, dass auf See die Methode mit Deflectoren schon um deswillen in den meisten Fällen den Vorzug

verdient, weil man beim Beobachten mit denselben, das Gehäuse nicht zu öffnen nöthig hat, während beim Beobachten mit Gewichten ein Manipuliren mit dem Seidenfaden an Deck, und wenn nur etwas Wind weht, seine Schwierigkeiten haben dürfte.

Es verhalten sich die an zwei verschiedenen Stationen ermittelten Intensitäten umgekehrt, wie die Sinusse der resp. Ablenkungswinkel mit denselben Deflectoren und direct, wie die, der in jedem Falle ausgeübten ablenkenden Kraft gleichen Gewichte (gleichwerthige Gewichte). Hiernach kann der Werth der Sinusse der Ablenkungswinkel erhalten mittelst Deflectoren, durch kleine Gewichte bestimmt werden, indem man die Deflectoren so stellt, dass sie mit der Inclinationsrichtung die Ablenkungswinkel, deren Werthe bestimmt werden sollen, bilden und nun mittelst der Gewichte die Nadel in die Inclinationsrichtung zurückzwingt (deshalb das Englische *coërcing weight*). Die Gewichte, welche nothwendig sind, die Nadel gegen die ablenkende Kraft der Deflectoren zur Inclinationsrichtung zurückzubringen, stellen die Wirkung des Erdmagnetismus für die zu ermittelnden Winkel dar.

In den Special-Instructionen für magnetische Beobachtungen, ausgearbeitet von Sir Fred. Evans für die britische Marine, wird folgendes Verfahren für die Beobachtungen mit Deflectoren und gleichwerthigen (equivalent, coërcing) Gewichten und für die Berechnung einer Tabelle der letzteren aus eingehenden Beobachtungen an Normalstationen mit beiden benützten Nadeln und für die verschiedenen Ablenkungswinkel empfohlen. Die Deflectoren werden der Reihe nach unter solchen Winkeln zur Neigungsrichtung gestellt, dass jeder darauf folgende Winkel 1 Grad von dem vorhergehenden abweicht. Für jede dieser Lagen werden die gleichwerthigen Gewichte bestimmt. Die Beobachtungen sollten so angestellt werden, dass die Deflectoren nach einander, sowohl auf die eine, als auf die andere Seite der Nadel zu stehen kommen. Es kann dies bei irgend einer Lage der Nadel geschehen, allein die verticale Lage, wenn also die Ebene der Nadel senkrecht auf dem magnetischen Meridian steht, ist für den vorliegenden Zweck am Geeignetsten.

Aus dem oben angeführten Satze ergiebt sich folgende Relation: $J = \frac{w \sin \varphi_0}{w_0 \sin \varphi}$ wo φ_0 und w_0 die Ablenkungswinkel und gleichwerthigen Gewichte an der Normalstation und w, φ

und J dieselben Werthe und Intensitäten an irgend einer anderen Station sind. Versteht man unter μ_0 und μ die absoluten Werthe der Kraft an der Normalstation und einer anderen auf See, so hat man ferner: $\mu = \frac{\mu_0 \sin \varphi_0}{\omega_0} . \omega$ cosec. φ.

Wenn ein Kraftverlust des Magnetismus der Nadel oder der Deflectoren eintritt, so ist einleuchtend, dass der Ablenkungswinkel kleiner wird, wenn die Deflectoren und grösser wenn die Gewichte allein gebraucht wurden; ferner, dass, wenn die erdmagnetische Kraft durch Ortsveränderung geringer wird, die Ablenkungswinkel nach beiden Beobachtungsweisen (Deflec. u. Gew.) grösser werden.

Es ist nicht immer möglich, an einem Observatorium eine Tabelle gleichwerthiger Gewichte, nach der beschriebenen Weise herzustellen. Für solche Fälle ist in den vorerwähnten Instructionen ein anderes Verfahren vorgeschlagen.

Man beobachtet an der Normalstation mit einem constanten Gewichte (W_0) den Ablenkungswinkel Φ_0 und den Ablenkungswinkel φ_0 für einen nach der Neigungsrichtung der Nadel adjustirten Deflector. Man hat alsdann die folgende Relation, wenn W_0 das gleichwerthige Gewicht für die ablenkende Kraft der Deflectoren, beim Winkel φ_0 ist:

$$w_0 = W_0 \sin . \varphi_0 \text{ cosec. } . \Phi_0.$$

Man wird nun öfter auf See Gelegenheit haben, Ablenkungen mit constanten Gewichten und Deflectoren zu beobachten, so dass man die Werthe w und φ auch für eine Reihe anderer Stationen erhalten kann. Ist die Intensität an der Normalstation J_0 und J jene durch die Methode mit constanten Gewichten bestimmte einer anderen Station, so hat man:

$$w = \frac{J}{J_0} (w_0 \operatorname{cosec} \varphi_0 . \sin \varphi)$$

woraus sich für jede der in dieser Weise beobachteten Stationen ein Werth von w berechnen lässt.

Alle so erhaltenen Werthe von w kann man sodann mit den correspondirenden Werthen von φ zusammen graphisch darstellen, und zwar so, dass jene (die w) die Ordinaten und diese (die φ) die Abscissen sind. Verbindet man die Endpunkte der Ordinaten durch eine Curve, so stellt diese eine Interpolations-Curve dar, mittelst welcher für irgend einen

Werth von φ das dazu gehörige w erhalten werden kann. Hat die Curve keinen regelmässigen Verlauf, so deutet dies auf einen Kraftverlust der Deflectoren hin (Magnet. Instructions by Capt. Evans).

Es sind die Schraubengänge, der für die Deflectoren bestimmten Arme so eingerichtet, dass auch die eine oder die andere der in dem Futterale, in welchem sie verpackt ist, angeschraubt und als Deflector benutzt werden kann.

Es wäre noch eine andere Methode der Beobachtung hier zu erwähnen, bei welcher die eine der Nadeln zu Ablenkungen benutzt wird, und zwar in der Weise, dass die ablenkende Nadel parallel (und nicht wie bisher angenommen senkrecht) zur Ebene der Inclinationsnadel liegt, allein in jüngster Zeit werden die Instrumente nicht mehr mit den hierzu nöthigen Einrichtungen versehen, so dass wir diese Methode hier übergehen können, indem wir uns begnügen, auf die betreffenden Stellen im Manual of scientific enquiry (fifth Ed. p. 120—121) hinzuweisen.

Da man durch die verschiedenen Deflectoren und Gewichte eine grosse Anzahl von Combinationen hervorbringen kann, so erhält man mittelst des Fox'schen Apparates auch eine beträchtliche Anzahl von relativen Werthen der Intensität, woraus ein Mittelwerth abzuleiten ist. Mit Rücksicht auf die Lage des Verticalkreises, ob „Kreis Ost" oder „Kreis West", ist zu bemerken, dass man in vielen Fällen auf See nur im Stande sein wird, entweder in der einen oder in der anderen zu beobachten. Man combinirt alsdann in den Rechnungen solche Beobachtungen nur mit den in der gleichen Lage gemachten der Normalstation; hieraus ergiebt sich aber die Nothwendigkeit, an der Normalstation beide Lagen erschöpfend zu beobachten, um die betreffenden Beobachtungen vorkommenden Falles zur Verfügung zu haben.

Ueber die Bestimmungsmethoden für die Temperatur-Coefficienten der Nadeln wird hier nichts weiter erwähnt, weil in dem Aufsatze von Wild das Wesentlichste darüber enthalten und dann aber auch, weil solche Bestimmungen im Observatorium ausgeführt werden müssen, und den Reisenden daher nur die daraus gewonnenen Resultate interessiren können.

Ad 2. Es bleibt nun nur noch übrig, Einiges über die Bestimmung der Correctionen zu sagen, welche wegen des Localeinflusses an Bord an die gewonnenen Resultate angebracht werden müssen. Hierbei muss eine gründliche Kenntniss

der über die Deviationsbestimmung veröffentlichten Arbeiten vorausgesetzt werden. Wir verweisen daher im Wesentlichen hier auf die Werke von Evans, Schaub u. s. w., indem wir die Correctionen, die bei den einzelnen Elementen anzuwenden sind, aufzählen.

Es ist zu diesem Zwecke das Schiff so zu schwaien, dass man dasselbe für einige Zeit auf einem bestimmten Strich des Compasses erhalten kann, für die Dauer einer Beobachtungsreihe. Man wählt hierzu entweder nur die 8 Hauptstriche des Compasses, oder beobachte, wenn Umstände es gestatten, auf 16 Strichen N., NNW., NW. u. s. w.

Auf den Tisch mit cardanischer Aufhängung, welcher den Fox'schen Apparat aufzunehmen bestimmt ist, stellt man zunächst einen Compass, den Positionscompass. Es werden sodann während des Schwaiens des Schiffes die Deviationen für den in der Nähe stehenden Regelcompass und den Positionscompass bestimmt. Darauf wird der Fox'sche Apparat an seinen Platz gestellt und genau adjustirt und nach der Kiellinie orientirt. Aus dem Vergleiche der Deviation der beiden Compasse leitet man eine Tabelle ab, die den Beobachter in die Lage setzt, das Schiff auf den Strich mittelst des Regelcompasses zu bringen, welcher nach dem Positionscompass anliegen sollte, und es werden nun danach die Striche für den Positionscompass — den Fox'schen Apparat — angelegt und auf denselben die Beobachtungen ausgeführt, indem man das Schiff ein zweites Mal auf die gewünschte Anzahl Striche bringt. Die Reductionen der Beobachtungen werden nun nach den im Nachstehenden erklärten Methoden und Formeln ausgeführt.

Die Correction (Deviation) für Declination.

Zur Reduction der Declination müssen die aus der Deviations-Lehre bekannten Coefficienten A, B, C, D, E bestimmt werden. Da die Deviation des Positionscompass (und des Fox'schen Apparates) stets nur einen sehr kleinen Werth haben soll, so kann man die folgende vereinfachte Reductions-Formel benutzen.

$$\delta = A + B \sin \zeta' + C \cos \zeta' + D \sin 2\zeta' + E \cos 2\zeta',$$

worin δ die Deviation (Reductionsgrösse) und ζ' das Azimut des Schiffsvordertheils (Compass-Curs) nach dem Positions-Compass bedeutet. (Siehe Admiralty Manual p. 112 5th Ed.:

Die Lehre von der Deviation der Compasse und aus dem Archive der Seewarte, Jahrgang 1884, No. 3 S. 9.)

Für die Correctionen (Deviation), welche an die mit dem Fox'schen Apparate beobachteten Werthe der Inclination und der Totalkraft anzubringen sind, müssen die Coefficienten B, D, c, d und A' ermittelt werden. Die Bedeutung der beiden ersten ist bekannt aus der Lehre von der Deviation, nur die Coefficienten c, d und A' bedürfen einer Erklärung, die durch folgende Gleichungen gegeben wird:

$$c = \frac{g}{1+a}; \; d = \frac{1+k}{1+a}; \; A' = 1 + a = \lambda (1 + D).$$

Correction für die Inclination.

Zur Correction der Inclination, auf See beobachtet, können die variablen Coefficienten c und d aus den Abweichungen der Inclination von der normalen Richtung der Inclination mit Fox's Instrument für die verschiedenen Compassstriche berechnet werden. Die Formel hierfür ist:

$$c \cos \zeta + d \operatorname{tg} \vartheta = (1-2 \sin D) \times \sin \zeta \operatorname{cosec} \zeta' \operatorname{tg} \vartheta'.$$

Dieselbe gilt für alle Striche mit Ausnahme jener von Nord und Süd; für diese hat man die folgende Formel anzuwenden:

$$c \cos \zeta + d \operatorname{tg} \vartheta = (\cos \zeta + \sin B) \times \sec \zeta' \operatorname{tg} \vartheta'$$

ζ bedeutet, wie bekannt, das corrigirte magnetische Azimut des Schiffsvordertheiles vom magnetischen Nordpunkte aus gezählt, ϑ die Inclination mit Fox's Instrument am Lande beobachtet, ζ' und ϑ' dieselben Grössen für Fox's Instrument und Positionscompass an Bord beobachtet.

Man hat mit den auf diese Weise erhaltenen Werthen von c und d die Correctionstafeln für die Inclination und die verschiedenen Curse zu berechnen; die Formel hierfür ist:

$$\operatorname{tg} \vartheta' = \frac{c}{(1-2 \sin D)} \left(\cos \zeta + \frac{d}{c} \operatorname{tg} \vartheta \right) \times \sin \zeta' \operatorname{cosec} \zeta.$$

Diese Formel gilt für die Curse zwischen NO und SO oder zwischen NW und SW, oder, wenn sich das Schiff in der Nähe der Ost- und Westcurse befindet. Ferner ist:

$$\operatorname{tg} \vartheta' = c \frac{\cos \zeta + \frac{d}{c} \operatorname{tg} \vartheta}{\cos \zeta + \sin B} \cos \zeta'$$

wenn das Schiff nahezu Nord oder Süd anliegt.

Correction für Intensität.

A' welches zur Reduction der Intensitätsbeobachtungen nothwendig ist, wie sie an Bord gemacht werden, wird aus Intensitätsbestimmungen an Bord mit Fox's Instrument und solchen mit demselben Instrumente am Lande gemacht, abgeleitet. Es werden dieselben mit dem aus anderen Beobachtungen bekannten absoluten Werthe der Totalkraft am Lande (μ_0) combinirt; μ ist dieselbe Grösse an Bord.

$$\frac{\mu}{A' \mu_0} \sin \vartheta' = c \cos \vartheta \cos \zeta + d \sin \vartheta.$$

Diese Reductionsformel gilt für grosse Werthe der Intensität; für kleine wendet man an:

$$\frac{\mu}{A' \mu_0} \cos \vartheta' \sin \zeta' = (1 - 2 \sin D) \cos \vartheta \sin \zeta$$

A' ist dieselbe Grösse wie:

$\lambda\ (1 + D)$ oder auch $(1 + a)$. (Siehe oben.)

Diese Auseinandersetzungen sind den magnetischen Instructionen des Capt. Evans p. 11 und 12 entlehnt. (Siehe auch Handbuch der nautischen Instrumente, Hydrographisches Amt der Admiralität, E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1882, Seite 274 ff.)

Im Anhang zu diesem Abschnitt findet sich eine Erweiterung der Methode der Corrections-Bestimmung vom Capt. Creak R. N., auf welche noch besonders aufmerksam gemacht sein mag.

Zur Erlangung guter Resultate ist, wie dies bei allen Fällen, in welchen Instrumente zur Anwendung kommen, gesagt werden kann, ein zartes Behandeln der Instrumente von grosser Wichtigkeit. Ausserdem hat man die magnetischen Instrumente sorgfältigst vor Rost und vor Berührung mit Eisen zu bewahren, weil durch beide die magnetischen Momente der Nadeln und der Deflectoren geändert werden. Man bewahre daher diese, sowie in der That alle an Bord gebrauchten Instrumente an einem trocknen Orte auf, an welchem sie auch überdies nicht unmässig durch die Bewegung des Schiffes hin und her bewegt werden können; vor allem aber sehe man zu, dass sie, wo immer sie sich befinden, fest liegen und nicht gegen die Wände oder andere Gegenstände gestossen werden können.

Das Bestreichen der Nadeln und Deflectoren mit Petroleum

oder Vaselin oder mit einer dünnen Schichte von Talg oder Oel, ist denselben zuträglich, allein es muss dies stets so geschehen, dass kein Uebermaass dieser Substanzen daran klebt; besonders aber hat man, wenn eine Beobachtung gemacht werden soll, die Fettschichte mittelst eines Lappens oder mittelst der Finger sorgfältig zu entfernen, damit das Gewicht derselben die Ablesung nicht beeinflusse.

Den Aufbewahrungsräumen für die Instrumente an Bord, der Behandlung, Conservirung derselben, muss daher eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, wenn man gute Resultate erhalten will.

Es mag zum Schlusse nur in Kürze auf die Wichtigkeit magnetischer Beobachtungen für die Entwickelung einer Theorie des Erdmagnetismus im wahren Sinne des Wortes hingewiesen werden. Unzweifelhaft steht die Lösung dieser Aufgabe in enger Beziehung zu so mancher anderen aus dem Bereiche der Naturforschung. Die Untersuchung der magnetischen Verhältnisse im Einzelnen über grössere Areale *(Magnetic survey)* ist in dieser Hinsicht nachgerade zu einer wissenschaftlichen Nothwendigkeit geworden; wenn nun auch die Aufgaben, welchen sich der Reisende zu widmen vermag, von dem Umfange solcher Untersuchungen weit verschieden sind, so vermag derselbe doch, wenn er den Gegenstand beherrscht, anregend in fremden Ländern dahin zu wirken, dass man sich dafür interessirt und solche grössere Arbeiten aufnimmt. Vermag er alsdann noch dahin zu wirken, dass durch seine Beobachtungen magnetische Arbeiten an die Centralstellen und deren Systeme der Beobachtung angeknüpft werden können, so wird er der erdmagnetischen Wissenschaft einen grossen Dienst erwiesen haben. Insonderheit sei dies in Beziehung auf die Ermittelungen der erdmagnetischen Kraft hervorgehoben, da hinsichtlich dieses Elementes Einheitlichkeit der Methode und der Maasse vor Allem Noth thut.*)

*) Die Fortschritte, welche man in jüngster Zeit mit Bezug auf die Anwendung von Oel zum Beruhigen der Wellen gemacht hat, rechtfertigen die Frage, ob nicht Schiffen, die zu magnetischen Beobachtungen ausgesandt werden, anempfohlen werden sollte, sich mit allem hierzu Erforderlichen zu versehen (siehe E. Rottock, Die Beruhigung der Wellen durch Oel. Anweisung für den Gebrauch desselben auf See).

Schlussbemerkungen.

In den vorhergehenden Abschnitten sind die wesentlichsten Gesichtspunkte, welche bei hydrographischen Beobachtungen und Aufnahmen zu berücksichtigen sind, in allgemeinen Zügen hervorgehoben worden; dem Studium von Specialwerken muss es überlassen bleiben, den Reisenden, der wissenschaftliche Ziele verfolgt, nach den einzelnen Richtungen hin weiter auszubilden. Dies gilt vorzugsweise auch von manchen Zweigen der Forschung, die mit dem hier behandelten verwandt sind und zur erfolgreichen Pflege besonderer, umfassender Ausbildung und Erfahrung bedürfen. Der Vollständigkeit der in diesem Werke behandelten wissenschaftlichen Gegenstände wegen, mögen zum Schlusse noch einzelne Aufgaben namhaft gemacht werden, deren Bearbeitung von Seiten tüchtiger Reisenden der Wissenschaft zum Vortheil gereichen kann.

Unter Beobachtungen dieser Art nehmen die Bestimmungen der Länge des einfachen Secundenpendels einen hervorragenden Platz ein; während dieselben im vorigen Jahrhundert und zu Anfang dieses Jahrhunderts in den Instructionen einer jeden grösseren wissenschaftlichen Expedition nicht fehlen durften, waren sie in der Neuzeit, bis vor etwa zwei Decennien, fast gänzlich in Vergessenheit gerathen. Die Unsicherheit in den Bestimmungen der Gravitationsconstante auf anderem Wege und die Uebereinstimmungen der aus Pendelbeobachtungen abgeleiteten Resultate haben zur Wiederaufnahme dieser wichtigen Forschungen Vieles beigetragen. Es können Beobachtungen mit einem leicht transportabeln Reversionspendel solchen Reisenden, die sich einige Zeit an ein und demselben Orte zu wissenschaftlichen Zwecken aufhalten, nur auf das dringendste empfohlen werden, und sollten für die Zwecke der Reisenden nur invariable Pendel einfacher Construction zur Anwendung kommen. Damit die Resultate zuverlässig und die Systemfehler, die ihnen anhaften, unschädlich gemacht werden, ist es erforderlich, dass die verwendeten Pendel an einem Orte, der genau mit Rücksicht auf die Länge des Secundenpendels bestimmt ist, geprüft und deren Coefficienten festgestellt werden, und überdies, dass der Beobachter sich in einem Observatorium für Arbeiten dieser Art vorbereitet und eine Uebung erworben hat. Ohne Beachtung dieser Maxime kann die sorgfältigst ausge-

führte Reihe nutzlos werden. Das Studium der Abhandlungen von Kater, Sabine, Bessel und Peters über Pendelbeobachtungen muss ihm besonders zur Pflicht gemacht werden.

Es ist bekannt, dass schon vor Jahren der Vorschlag gemacht wurde und dass derselbe von der Deutschen Polar-Conferenz (Berlin 1875) zur Beachtung empfohlen worden ist, die steten Vergleichungen der Angaben eines guten vor rapiden Indexveränderungen bewahrten Aneroid-Barometer und eines Quecksilber-Barometers zur Ermittelung der Aenderungen der Schwerkraft zu verwerthen. Untersuchungen darüber, ob die Sache durchführbar und von Werth ist, wären im Interesse der Frage der Oceanischen Depressionen von Werth.*)

Eine Gattung von Erscheinungen, für deren Beobachtung sich dem Reisenden in allen Klimaten der Erde vielfach Gelegenheit darbietet, sind die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre, die mit einfachem Spectroskope und Polarisations-Apparat (Nicol'sches Prisma) beobachtet werden können. Indem wir an die Bemerkungen von Weiss über Dämmerung (S. 384—392 ds. Bds.) anknüpfen, heben wir die Wichtigkeit der Beobachtungen anderer Phänomene, die zu dem Auf- und Untergange der Sonne und des Mondes eine Beziehung haben, hervor, wobei im Besonderen auf aussergewöhnliche Refractions-Erscheinungen aufmerksam gemacht wird; man notire die meteorologischen Instrumente in kurzen Zwischenräumen und beobachte die Dauer des Unterganges der Sonnen- oder Mondscheibe. Eine Erscheinung, welche hierher gehört und von Listing auf dem Aetna beobachtet wurde, ist das Darstellen des Schattens eines Berges, hinter welchem die Sonne auf- oder untergeht, über dem von ihr abliegenden Theile des Horizonts. Aufzeichnungen über Luftspiegelung (Mirage) und Kimmung und die diese Erscheinungen begleitenden atmosphärischen Verhältnisse, sowie über Wolkenbildung (siehe Hann, S. 345—346 ds. Bds.), Färbung und spectroskopisches Verhalten des Himmels u. s. w. sind nur von besonderem Werthe, wenn sie mit einem vollen Verständnisse der Sache gemacht werden. Ein Gleiches gilt von Beobachtungen und

*) Eine neue Federwage, angegeben von Sir W. Thomson, dürfte sich für diese Zwecke möglicherweise eignen. (Zt. für Instrumentenkunde 5. Heft 1888; Proceedings of Ed. R. S. 13, p. 683.)

Messungen von Höfen um Mond und Sonne, von Lichtkränzen (indem man beide Gattungen der Erscheinungen genau zu unterscheiden hat), von Nebensonnen (Parhelien) und von Sonnen- und Mond-, Regen- oder Nebelbogen. Der Reisende, welcher die Kenntniss dieser interessanten Gattung von Erscheinungen fördern will, wird wohl daran thun, sich durch ein Studium der einschlägigen Abhandlungen von Frauenhofer, Fresnel, Kämtz, Galle und anderen dafür vorzubereiten.

Tiefseeforschungen und Tieflothungen nehmen in unsern Tagen eine so hervorragende Stellung unter jenen Forschungszweigen ein, die besonders der Entwickelung der Wissenschaft dienen, dass sie in einem Werke, wie das vorliegende, mindestens eine Erwähnung finden müssen. In einzelnen der vorhergehenden Artikel wurde schon der hierher gehörenden Forschungen gedacht; so wurde in den Abschnitten von Möbius und Günther (S. 422—427 Bd. II) vom Schleppen, in diesem Abschnitte von Thermometer-, Aräometer- und Tiefenmessungen gesprochen. Da die zur erfolgreichen Pflege dieser Forschungszweige erforderlichen Apparate, die ganze Methode der Arbeit, mit Dampfkraft ausgerüstete Schiffe (sowohl zum Reguliren der Bewegung als zum Bedienen der Apparate) voraussetzen, welche einem Reisenden, wie wir uns denselben in diesem Werke gedacht haben, nicht zu Gebote stehen, so muss die einfache Erwähnung genügen. Besondere Instructionen und das Studium von Specialwerken, wie die Berichte über die Reise der Porcupine, der Hydra, von Challenger und Gazelle, sowie die Arbeiten der Commission zur Erforschung der deutschen Meere müssen die Grundlage von Untersuchungen sein, welche unsere Erkenntniss nach dieser Richtung fördern sollen. Das Werk und der Apparat von Sigsbee (s. Seite 427 Bd. II) verdienen eine besondere Erwähnung mit Rücksicht auf die in Frage stehenden Forschungsarbeiten.

Zum Schlusse sei noch die Bedeutung hervorgehoben — und es gilt dies in gewissem Sinne auch für die in den übrigen Artikeln dieses Werkes behandelten Gegenstände — welche ein gewissenhaftes und von Verständniss geleitetes Sammeln wissenschaftlichen Materials für die Entwickelung der einzelnen Forschungszweige haben muss. Begreiflicher Weise bezieht sich diese Bemerkung besonders auf Reisen in Culturländern, in welchen bereits wissenschaftlich gearbeitet wird und sich

dem Forscher auf den verschiedenen Gebieten Manches darbietet, was seine eigenen Arbeiten zu vervollständigen und deren Werth zu erhöhen geeignet ist. Allein es muss hierbei ein besonderer Nachdruck darauf gelegt werden, dass das Sammeln wissenschaftlichen Materials, seien es eigene Beobachtungen oder solche Anderer, nur einen Werth haben kann, wenn dabei eine gewissenhafte Kritik geübt wird, wenn die Autorität und die Mittel, wodurch die in Frage stehenden Resultate erzielt wurden, in einem jeden Falle festgestellt werden. Mangel an hierbei auzuwendender Umsicht kann die Werthlosigkeit gemachter Sammlungen und selbst, statt Förderung wissenschaftltcher Erkenntniss, Verwirrung zur Folge haben.

Anhang.

I. Einige Ergänzungen.

1. Das Aspirations-Psychrometer von Dr. R. Assmann.

Zu dem auf Seite 331 und 332 dieses Bandes über die Ermittelung der wahren Lufttemperatur und der Luftfeuchtig-Gesagten, mag noch Einiges über ein neues, oder doch aus der Vergessenheit zur Anerkennung und Vervollkommnung gebrachtes Thermometer (Psychrometer) erwähnt werden.

Dr. Assmann hat in einer, der königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin vorgelegten Abhandlung auf die Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit eines von ihm construirten Aspirations-Psychrometer aufmerksam gemacht, das für die Zwecke des Reisenden sehr geeignet erscheint.

Das Instrument, welches von R. Fuess in Berlin SW. Alte Jakobstrasse 108 in zweckentsprechender Weise angefertigt wird, wurde in der Zeitschrift „Das Wetter“ 4. Jahrgang, Heft 12 und 5. Jahrgang, Heft 1*) beschrieben und die mit demselben bereits erzielten Resultate unter kritischer Beleuchtung eingehend erörtert. Bei der Unzuverlässigkeit, welche allen Methoden der Bestimmung der Lufttemperatur und Feuchtigkeit auf Reisen noch immer anhaftet, kann Reisenden nur dringend angerathen werden, sich mit dem Assmann'schen Apparate unter guter Anleitung zu üben. Nicht genug Nachdruck kann darauf gelegt werden, dass man sich gründlichst mit dem Apparate bekannt zu machen haben wird, wenn man die möglichst guten Resultate mit demselben erzielen will. Ein nur flüchtiges Bekanntwerden mit Methoden der Beobachtung und

*) Auch Heft 5.

Instrumenten hat schon in zahllosen Fällen alle Anstrengungen des Reisenden vereitelt, indem es ihm nicht möglich wurde, aussen im Felde den zu stellenden Anforderungen gerecht zu werden. Diese Erwägung ist in Beziehung auf den Apparat mindestens von gleicher Bedeutung für den Reisenden, wie die von Dr. Assmann darauf abzielende Bemerkung, dass das Aspirations-Psychrometer nur von der Firma R. Fuess bezogen werden sollte.

---

2. Ein verbessertes Quecksilber-Reise-Barometer.

Das Quecksilber-Barometer muss für barometrische Höhenmessungen, unerachtet der grossen Vollkommenheit, welche Aneroid-Barometer heutzutage haben, als das beste und zuverlässigste Instrument bezeichnet werden. Gegen seine Anwendung spricht die Zerbrechlichkeit und das Auslaufen des Quecksilbers, sowie die Unmöglichkeit, ein in Unordnung gerathenes Instrument wieder herzustellen, zu füllen. Wenn es einem vorsichtgen Reisenden nun auch durch zweckmässiges Tragen gelingt, das fest an den Körper geschnallte, gefüllte Barometer vor Unbill zu schützen, so bleibt der Transport immerhin schwierig und für Manche nahezu eine Unmöglichkeit. Deshalb sind in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten Barometer-Constructionen und Füllmethoden vorgeschlagen worden, welche ohne erheblichen Nebenapparat und ohne Erhitzung des Quecksilbers ein sehr gutes Vacuum zu erlangen und die Spannung der darin verbliebenen Luftreste mit z. Th. grosser Genauigkeit zu bestimmen gestatten. Da bei der Vervollkommnung der Aneroide das Quecksilber-Barometer wesentlich nur zur Erlangung absoluter Werthe an meteorologischen Stationen und an den wichtigsten Punkten der Reise dienen soll, so können die bezeichneten Barometer dem auf Seite 340 dieses Bandes angegebenen Zwecke besonders gut dienen. Das Barometer wird leer transportirt und an möglicht vielen Standquartieren, so wie auch Höhenpunkten (Schleifpunkten) zur Controle des Aneroids gefüllt. Ein transportables Instrument dieser Art, welches viele Vorzüge besitzt, wenn verglichen mit anderen, wurde von Dr. W. Koeppen construirt. Es besteht nur aus Glas (Kautschuk ist vermieden) und ist mechanischer Reinigung zugänglich, dabei ist die Construction einfach und compendiös

und verlangt weder besondere Geschicklichkeit in der Manipulation, noch auch allzugrosse Vorsicht. Das Instrument begleitet eine klare und kurzgefasste Gebrauchs-Anweisung, ist nicht kostspielig und wird von dem Mechaniker der Seewarte in Hamburg, Zschau, in guter Qualität geliefert; das Quecksilber und übriges Zubehör befindet sich in einem besonderen Kasten verpackt.

Siehe auch W. Jordan Seite 79 u. ff. sowie Seite 340 u. 341 in diesem Werke Bd. I.

---

3. Die Bestimmung der Schneegrenze und die Schneeverhältnisse in Gebirgen.

Ueber die Lage der Schneegrenze ist bis heute, wenn wir von deren Bestimmung in einzelnen Gebirgsgebieten absehen, wenig Zuverlässiges bekannt. Ein wesentlicher Grund dieser Lücke im geographisch-physikalischen Wissen ist in der Unbestimmtheit und daraus sich ergebenden Unklarheit der Definition der Schneegrenze zu erkennen. Für die Erklärung klimatologischer Vorgänge sind aber die Schneeverhältnisse von hervorragender Bedeutung, aus welchem Grunde es denn auch wichtig ist über die Frage der Schneebedeckung, der Verbreitung des Schnees nach Höhe und Jahreszeit, gute und zuverlässige Angaben zu sammeln. Der Reisende, wie der Forscher zu Hause kann sich durch Erhebungen in der angedeuteten Richtung grosse Verdienste um klimatologische Forschung und physikalisch-geographisches Wissen erwerben. Professor Ratzel hat sich bemüht, den Sinn für diese Forschungen durch mehrere Aufsätze zu wecken und durch klare und bestimmte Definition vor irriger Auffassung und nutzlosen Beobachtungen zu schützen. Folgen wir hier seinen Ausführungen, so sei zuerst erwähnt, dass man zwei Schneelinien zu unterscheiden hat: die orographische Schneelinie, die Grenze der gesellig auftretenden Schneeflecken und die klimatische Schneelinie, die Grenze der ausgedehnten und nach Möglichkeit zusammenhängenden Schneefelder. Es sollten stets die beiden Linien bestimmt, bei der ersteren die Art der Lagerung des ewigen Schnees besonders genau ermittelt werden. Ratzel fasst die hierbei zu lösenden Aufgaben in folgender Weise zusammen:

„Die Schneegrenze liegt da, wo die ausdauernden Schneelager gesellig oder in grösserer Ausdehnung, also unter Umständen aufzutreten beginnen, welche grosse, allgemeine Ursachen voraussetzen lassen. Diese Ursachen liegen entweder vorwiegend in Lage und Gestalt des Bodens, dem der Schnee aufruht, sind orographischer Natur oder in den meteorologischen Bedingungen der Höhenzone, in der er sich findet, sind klimatischer Natur. Beide Gruppen von Ursachen ändern sich je nach der Exposition, dem isolirten oder zur Gebirgsmasse vereinigten Vorkommen der betreffenden Höhen, auch nach der Unterlage, was bei der Bestimmung besonders in der Richtung zu beachten, dass mittlere Zahlen von geringerem Werthe sind als Zahlen, welche die Extreme an verschiedenen Seiten eines Berges, eines Gebirges, einer Insel u. s. w. motivirt angeben. Endlich ist die Zeit der Bestimmung zu berücksichtigen, als welche der Punkt zu wählen ist, in welchem die Abschmelzung aufhört, die Flächenausdehnung eines Schneelagers zu verringern."

Es muss besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass man bei den Grenzbestimmungen die normale Schneedecke zu berücksichtigen hat, d. h. es dürfen Stellen, welche durch Abrutschungen oder durch Windwirkung von Schnee bedeckt oder entblösst worden sind, nicht zu den Bestimmungen benutzt werden. Wenn wir mit A. v. Kerner*) als absolute Schneegrenze diejenige Linie bezeichnen, bis zu welcher die normale Schneedecke am Tage ihrer höchsten Lage im Jahre sich zurückgezogen hat, und sie genau bestimmen, so werden wir auch ein wesentliches Moment für die Gletscherbildung gewonnen haben. Die Gestaltung des Bodens, die in einem jeden Falle genau zu verzeichnen ist, wird über den Verlauf der Schneegrenze im Detail (in Mulden und Karen u. s. w.) Aufschluss zu geben vermögen. Ausser den periodischen Schwankungen der Schneegrenze ist den aperiodischen nachzuforschen und sind sie, wenn dazu Zeit und Gelegenheit gegeben ist, nach den mittlerern Extremen zu charakterisiren, deren Differenzen die mittlere Schwankung der Höhe der Schneegrenze in einem bestimmten Monat darstellt. Strengste Beachtung der Himmelsrichtung, nach welcher hin eine genaue Beob-

*) Fr. R. Kerner von Marilaun: Untersuchungen über die Schneegrenze im Gebiete des mittleren Innthales.

achtung gemacht wurde, muss zur ersten Pflicht gemacht werden. Oft und zwar in den meisten Fällen wird es dem Reisenden nur möglich sein, gemachte Aufzeichnungen so eingehender Art zu sammeln; sie selbst zu machen, fehlt ihm in der Regel die Zeit.

Ratzel's Fragebogen über die Schneeverhältnisse in Gebirgen.

Die folgenden 22 Fragen über Tiefe, Ausdehnung und Dauer der Schneedecke und Schnee- oder Firnfläche im Gebirge sind zur Förderung der Kenntnisse über Schneegrenze und Schneevorkommen thunlichst eingehend zu beantworten, weil dadurch Geographie, Geologie und Meteorologie durch werthvolle Resultate bereichert werden würden. Im Anschluss an die Seite 347 und 354 dieses Bandes gestellten Fragen mögen diese der Beachtung des Reisenden empfohlen werden.

1. Wann fällt der erste Schnee auf den Bergen in der Umgebung Ihres Wohnortes? Wie hoch sind diese Berge? Wenn Aufzeichnungen vorhanden sind, bittet man um Angabe des Datums.
2. Von welcher Zeit an liegt die vollständige oder mit Lücken dauernde Schneedecke?
3. Wann bleibt gewöhnlich der Schnee in Ihrem Wohnorte selbst liegen? Wie hoch ist Ihr Wohnort?
4. Werden im Laufe des Winters die Berge Ihrer Umgebung zeitweilig schneefrei? In welcher Höhe und auf welcher Seite geschieht dies am frühesten?
5. Wann verschwindet der grösste Theil der winterlichen Schneedecke?
6. Wie lange bleiben die letzten Reste derselben liegen?
7. Wie weit erstreckt sich gewöhnlich die bleibende Schneedecke nach unten hin?
8. An welchen Stellen liegt gewöhnlich in Ihrer Gegend der Schnee am tiefsten? Wie tief?
9. Wo häuft der Wind in Ihrer Umgebung die grössten Schneewehen an? Wie verhalten sich zu denselben die verschiedenen Abhänge der Berge oder Höhenzüge?
10. Welchen Einfluss üben die Bodenformen auf das Liegenbleiben des Schnees? Man beachte besonders die Abhänge von verschiedener Steilheit, Gipfel, Schluchten, Thalhintergründe, Mulden.
11. Welchen Einfluss übt die Beschaffenheit der Oberfläche, je nachdem diese Stein, Geröll, Sand, Erde, auf das Liegenbleiben des Schnees?
12. Welchen Einfluss übt die Pflanzendecke und besonders der Wald auf das Liegenbleiben des Schnees?
13. Welchen Einfluss übt die Nähe des Wassers auf das Liegenbleiben des Schnees? Auch Sümpfe und Moore sind dabei zu berücksichtigen.

14. Welchen Einfluss übt die grössere oder geringere Durchlässigkeit des Bodens auf das Liegenbleiben des Schnees?
15. Nach welcher Zeit nimmt der Schnee körnige Beschaffenheit an? Unter welchen Verhältnissen geht er in Eis über? Man unterscheide körniges, blasiges und klares Eis.
16. Bemerkt man Risse und Spalten in den Schneefeldern?
17. Beobachtet man Bewegung in den Schneefeldern oder lässt sich auf jene aus Spuren an Gegenständen ihrer Umgebung schliessen?
18. Kommen grössere Rutschungen des Schnees (Lawinen) in Ihrer Gegend vor? Lassen sich die Ursachen derselben erkennen? Was kann von den Wirkungen derselben auf Boden und Vegetation (Wald) ausgesagt werden?
19. Welche auffallenderen Formen beobachtet man an der Oberfläche des Schnees als Folge von Wind, Schmelzung oder anderen Ursachen?
20. Treten deutliche Schichtungen im Schnee hervor?
21. Wie gross ist der Einfluss, den Schneeschmelzen, auch winterliche, auf den Wasserstand der Flüsse und Seen Ihres Gebietes üben? In welcher Zeit nach dem Eintritt der Schmelzung macht sich derselbe geltend?
22. An welchen Wasserläufen bemerkt man zuerst die Wirkung der Schneeschmelze? Verhalten sich die verschiedenen Abhänge eines Gebirges in dieser Beziehung verschieden?

Wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist, sollte man möglichst häufig und regelmässig Beobachtungen an einem auf der Oberfläche des Schnees liegenden Thermometer (ein Alkohol-Minimum-Thermometer ist hierzu am geeignetsten), welches durch eine leichte Schutzvorrichtung vor Zerbrechen, nicht aber vor Strahlung, um deren Bestimmung es sich hierbei handelt, geschützt ist, anstellen. Keine Gelegenheit die Temperatur des Schnees, sowie die Temperatur des Erdbodens gerade unter der Schneedecke zu messen, sollte versäumt werden, wobei denn auch stets die Dicke der Schneeschicht zu ermitteln und anzugeben ist. (Siehe auch Seite 347 d. Bds.) Indem auf diese Punkte besonders aufmerksam gemacht wird, sei auf die Bedeutung hingewiesen, welche der Schneebedeckung für die Erklärung klimatischer Erscheinungen innewohnt. (Wojeikof.)

4. Die Bestimmung der Temperatur von Quellen,

wie sie Seite 326 d. Bandes als wichtig bezeichnet wird, sowie auch der Oberflächen von Flüssen, Seen u. s. w. sollte von Reisenden, wenn immer möglich, ausgeführt werden. Zur Bestimmung der Temperatur an der Oberfläche des Wassers (eines Baches, Flusses oder eines Sees) kann man sich, wenn man

nicht mehr als 30 oder 40 cm herabgeht, mit Vortheil des Pinselthermometer von Janssen („thermomètre plongeur à pinceau“) bedienen (siehe Seite 340 d. Bandes). Der Gebrauch des Instruments ist sehr einfach; man hat nur zu beachten, dass man, sobald das Thermometer aus derjenigen Schicht, deren Temperatur man beobachten will, herauskommt, die Temperatur rasch abliest. Auch kann man mit Vortheil ein kleines, mit einem Wassergefäss, welches sich jedesmal in der Schicht, deren Temperatur zu messen ist, füllt, versehenes Thermometer verwenden.

Vermag man während einer längeren Zeit die Oberflächen-Temperatur eines Baches, Flusses oder eines Sees, und zwar zu Zeiten der Terminbeobachtungen (siehe Seite 333 d. Bandes) zu beobachten, so kann man ein Quellen- oder Wasserthermometer an einem festen Gestelle so eintauchen, dass das Gefäss desselben 1 oder 2 cm unter der Oberfläche des Wassers sich befindet. Beobachtungen dieser Art bilden wichtige Elemente der Klimatologie. Zur Bestimmung der Temperatur heisser Quellen (S. 236 d. Bandes) bediene man sich eines Quecksilber-Maximum nach Walferdin (thermomètre à bulle d'air) oder nach Negretti und Zambra. (Siehe Jelinek's Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, neu bearbeitet von Dr. J. Hann, Seite 87 u. 89, auch Seite 330 ff. d. Bandes.)

Es ist sehr verdienstlich über die Stärke der Thau- und Reifbildung Aufzeichnungen zu machen; es gebricht allerdings noch immer an einem Instrument, welches die Abwägung oder Messung des Thaues auf leichte Weise gestattet; allein der Reisende kann durch Aufsammeln des während einer Nacht gebildeten Thaues, wozu er ein Wachstuch benutzen kann, und durch Angabe aller begleitenden Umstände werthvolles Material zur Beleuchtung der mit der Thaubildung im Zusammenhang stehenden Fragen liefern. Nimmt man stets ein und dasselbe Wachstuch (gleiche Grösse, gleiche Spannung und Farbe), so erhält man durch Abmessen des gesammten Wassers Relativ-Zahlen, die in Ermangelung genauer Wägungen immerhin von Werth sind. Von besonderem Interesse sind Beobachtungen dieser Art in Steppen- und Wüstenlanden der tropischen oder subtropischen Zone. Durch Reifbildung werden Schneeflächen und Gletscher in erheblicher Weise, die z. B. praktisch die Schlittenfahrt in den Polar-Regionen beeinflusst, bereichert und verändert.

5. Hydrographisches Zeichnen.

Als Ergänzung zu dem, was in dem Artikel „Nautische Vermessungen“ von P. Hoffmann (Seite 403—434) ausgeführt worden ist, sollen hier noch einige Winke über das Niederlegen der Resultate von Aufnahmen in Karten und Plänen angefügt werden. Zur Erläuterung der diesbezüglichen Ausführungen ist diesem Aufsatze eine Zeichnung (Karte) beigegeben, welche dazu dienen soll, die Hydrographische Darstellung zu illustriren. Dabei sei erwähnt, dass wir uns zu diesem Behufe der von der kaiserlichen Admiralität eingeführten Bezeichnungen und Abkürzungen bedient haben.

Erklärung der Abkürzungen und Zeichen in den vom Hydrographischen Amte der kaiserlichen Admiralität (seit dem Jahre 1883) **herausgegebenen Karten.**

Grundbeschaffenheit.

Aust.	*Austern*	*gr.*	*grau*	*Rgd.*	*Riffgrund*
bl.	*blau*	*Grs.*	*Gros*	*s.*	*schwarz*
bnt.	*bunt*	*gss.*	*gross*	*Schl.*	*Schlamm*
br.	*braun*	*hl.*	*hell*	*Sd.*	*Sand*
brl.	*bräunlich*	*ht.*	*hart*	*Sk.*	*Schlick*
ca.	*circa*	*K.*	*Kies*	*Sp.*	*Sprenkeln*
dkl.	*dunkel*	*kl.*	*klein*	*St.*	*Stein*
f.	*fein*	*Kor.*	*Korallen*	*Stg.*	*Seetang*
fls.	*felsig*	*L.*	*Lehm*	*T.*	*Thon*
g.	*gelb*	*m.*	*mit*	*w.*	*weiss*
gb.	*grob*	*M.*	*Muscheln*	*wch.*	*weich*
gn.	*grün*	*r.*	*roth*	*zbr.*	*zerbrochen*

Allgemeine Abkürzungen.

B.	*Bai, Bucht*	*Fschiff.*	*Feuerschiff*
Batt.	*Batterie*	*Blk.=F.*	*Blinkfeuer*
Bg.	*Berg*	*Blz.=F.*	*Blizfeuer*
Bj.	*Boje*	*Funk.=F.*	*Funkelfeuer*
B^k.	*Bank*	*Gez.=F.*	*Gezeiten=Feuer*
Bk.	*Bake*	*Grp.= Blk.=F.*	*Gruppen= Blink=Feuer*
E. ?	*Existenz zweifelhaft*	*Hafen=F.*	*Hafenfeuer*
elekt.	*elektrisch*	*Untbr.F.*	*Unterbrochenes Feuer*
F.	*Feuer (fest)*		
F.m.Blk.	*Feuer mit Blinken*		

Wchs.=F. Wechselfeuer
Zeitw.F. Zeitweiliges Feuer
Fl. . . Fluss
Fls.. . Fels
Flgst.. Flaggenstange
Flgmst.. Flaggenmast
Fahrwass. . Fahrwasser
G.. . . Golf
Gd. . . Grund
h. . . . hoch
Hfn. . Hafen
Hfnzt.. Hafenzeit
horzt. . horizontal
Hs. . . Haus
H.=Wass. Hochwasser
I. . . Insel
K. . . Kap
Kan. . Kanal
kar. . karrirt
Krch.=Th. Kirchthurm
Kabl. . Kabel
Kabl.=Bk. Kabelbake
Kabl.=Bj. Kabelboje
Kabllg. Kabellänge
Lcht.=Th. Leuchtthurm
Ms.=St. Missions=Station
m.Fl=W. } mittlerer Fluth=wechsel
M. . . Mühle
m. . . Meter
mag. . magnetisch
min. resp. $^{\underline{m}}$ } Minute (Zeitminute)

Missw. Missweisung
N.O.S.W. Nord, Ost, Süd, West
Np. . . Nip (Fluth)
Nd.=Wass. Niedrig=Wasser
Obs.=Pkt. Observations=Punkt
Pos. ?. Position zweifelhaft
R. . . Riff
S. . . See
S^{d}. . . Sund
Sd. . . Sand
sek. resp. ^{s}. } Sekunde (Zeit=secunde)
sichtb.. sichtbar
Sm. resp. sm. Seemeile
Sp. . . Spitze
Spr.. . Spring (Fluth)
Sgn.=St. Signal=Station
Eis=S.=St. Eissignal=Station
Lots.=St. Lootsen=Station
Nbl.=Sgn. (Gl. Gg.) H. K. Sir. R. } Nebel=Signal (Glocke, Gong) (Horn, Kanone, Sirene, Rakete)
(R. S.) Rett.=Stat. (B. M. R.) } Rettungs=Station (Boot, Mörser, Rakete)
Semaph. Semaphor
Sturm.=Sgn.=St. } Sturmwarnungs=Signal=Station
Wass.=Stnd.=Sgn. } Wasserstand=Signal
Str. . . Strasse

Th. . .	*Thurm*	*Lcht.-Tn.*	*Leuchttonne*
Tel. . .	*Telegraph*	*vert. .*	*vertical*
Tn. . .	*Tonne*	*Wass.*	*Wasser*
Gl.-Tn.	*Glockentonne*	*Ztbl. .*	*Zeitball*
Heul.-Tn.	*Heultonne*	*Zt.-Sgn.*	*Zeitsignal*

---

6. Berechnung der Correctionen, die an die Schiffs-Beobachtungen der Declination oder Variation, Inclination oder Neigung und der Total-Kraft wegen Einfluss des Eisens im Schiffe anzubringen sind.

Modificirt von Staff-Commandeur **Creak** nach den Gleichungen von Herrn Archibald Smith.

I. Declination oder Variation.

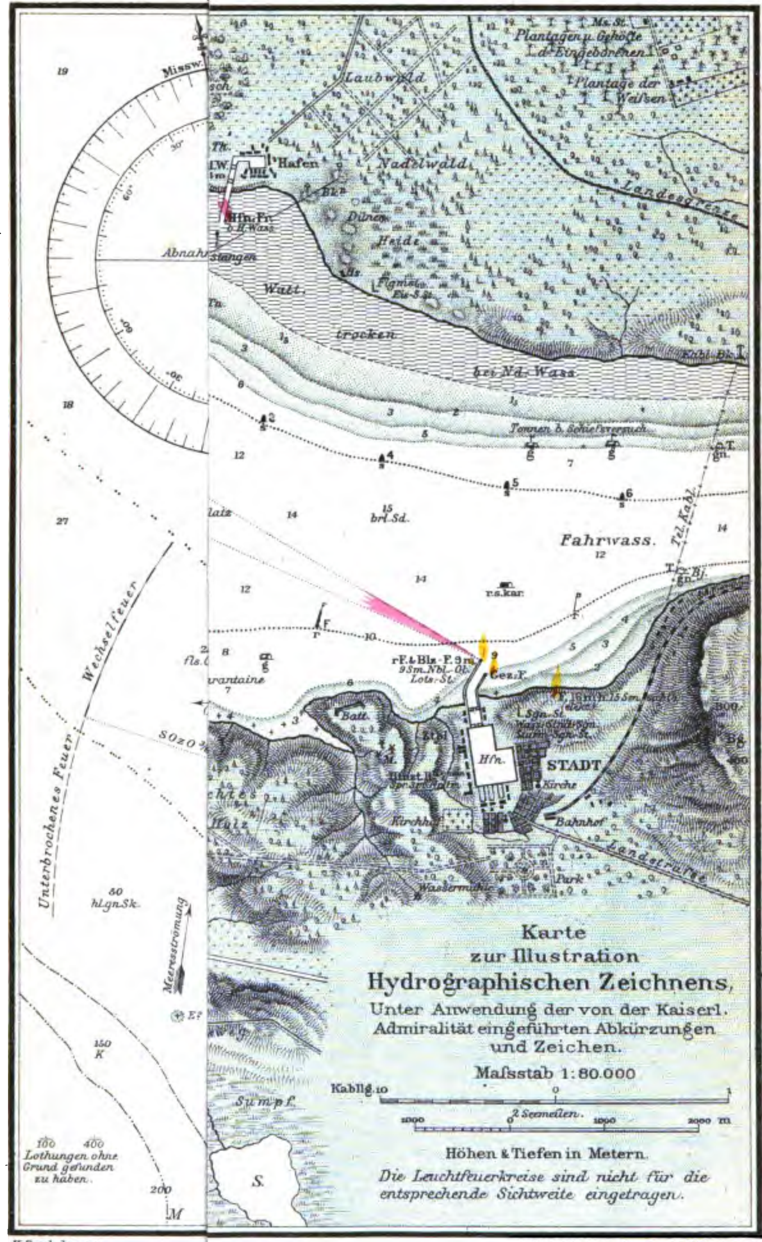
Zum Zwecke des Corrigirens der Beobachtungen der mit dem Regel-(Positions-)Compass erhaltenen Variation muss man die Coefficienten A, B, C, D, E für dessen Position kennen; es können dieselben durch ein einfaches Verfahren, welches im „Admiralty Manual for Deviations of the Compass“ eingehend beschrieben ist, aus in jeder Lage beim Schwaien beobachteten Deviationen abgeleitet werden.

Von diesen Coefficienten bleiben A, D, E, wenn sie einen wirklichen Werth vorstellen, in allen magnetischen Breiten constant. C verändert sich in umgekehrter Weise wie die Horizontal-Componente, wenn das Eisen symmetrisch auf jeder Seite des Compass vertheilt sich befindet, wie dies in der Regel der Fall ist. B besteht gewöhnlich aus zwei Theilen: P, welches von hartem Eisen herrührt und c, welches durch die verticale Induction in verticalem weichen Eisen erzeugt wird. Hat man Werthe von B in zwei erheblich von einander abweichenden magnetischen Breiten erhalten,*) so können die Grössen P und c nach der Formel

$$\frac{P}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} \, H \text{ tang } \vartheta = \mathfrak{B} H$$

$$\frac{P}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} \, H' \text{ tang } \vartheta' = \mathfrak{B}' H'$$ berechnet werden, worin

*) Mit Beziehung auf diesen Punkt sei jedoch auf meine in der Einleitung zu diesem Abschnitte ausgesprochene Ansicht, dass Bestimmungen der Korrektionswerthe viel häufiger, als bisher üblich, ausgeführt werden müssen, verwiesen (S. 588 d. Bds.).



H Drechsler gez.

Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

H und H′ die Horizontal-Kraft, wenn die Horizontal-Kraft in Greenwich = 1.0 gesetzt wird, ausdrückt; ϑ und ϑ' ist die Inclination; $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{B}'$ die genauen (strengen) Werthe der Coefficienten der Deviation in den beiden Orten (Magnetischen Breiten).

Sind die Coefficienten bekannt, so kann die Deviation δ für irgend einen Strich des Compass nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$\delta = A + B \sin \zeta' + C \cos \zeta' + D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta';$$

ζ' bezeichnet hier das Azimut des Schiffs-Vordertheiles nach dem Regel-(Positions-)Compass.

(Man lese darüber nach: Admiralty Manual for the Deviations of the Compass fifth Ed. Seite 45).

II. Inclination oder Neigung.

Zum Zwecke des Corrigirens der beobachteten Inclination bedarf man ausser der Coefficienten B, C, D, welche für die Position des Fox'schen Apparates aus den durch Schwaien des Schiffes erhaltenen Deviationen abzuleiten sind, der Coefficienten c, d, A′, N und R.

Die veränderlichen Coefficienten c und N kann man aus den mit Fox's Apparat erhaltenen Beobachtungen der Neigung, so oft man das Schiff schwait, ableiten; sie werden berechnet nach der Formel

$$c \cos \zeta + N = (1-2 \sin D \sin \zeta + \sin C) \operatorname{cosec} \zeta' \operatorname{tang} \vartheta'$$

für alle Compass-Striche mit Ausnahme von Nord und Süd; für Nord- und Süd-Curse berechnet man sie nach der Formel

$$c \cos \zeta + N = (\cos \zeta + \sin B) \sec \zeta' \operatorname{tang} \vartheta'.$$

In den vorstehenden Formeln bedeutet ζ das magnetische Azimut des Schiffsvordertheils, ϑ' die beobachtete Neigung, welche jedoch für Indexfehler bereits verbessert wurde, und ζ' das Azimut des Schiffsvordertheils nach dem Compass an der Stelle des Fox's Apparates.

N kann man auch erhalten aus dem Mittel der Beobachtungen der Neigung, wenn das Schiff geschwait wurde.

Die Coefficienten d und R können aus den Ergebnissen des Schwaiens des Schiffes in der Nähe der Basis-Stationen nach der Formel berechnet werden:

$$\frac{R}{A'H} + d \operatorname{tang} \vartheta = \triangle = \operatorname{tang} \vartheta - N$$

$$\frac{R}{A'H'} + d \operatorname{tang} \vartheta' = \triangle' = \operatorname{tang} \vartheta' - N'$$

In dieser Formel bedeutet H die Horizontal-Componente an zwei, in magnetischer Breite weit von einander abliegenden Basis-Stationen, ausgedrückt in Relativ-Werthen, wobei die Horizontal-Kraft in Greenwich = 1.0 angenommen ist. An derselben Station ist ϑ die Neigung und N wird aus dem Schwaien des Schiffes abgeleitet.

Der Coefficient A' wird am zweckmässigsten nach der Formel $A' = \lambda\ (1 + \mathfrak{D})$ berechnet, wo λ und $\mathfrak{D}$ für alle Breiten zwar constant sind, allein sie sollten gelegentlich immer wieder neu bestimmt werden.

$\mathfrak{D}$ = sin D ist aus den Coefficienten der Declination zu entnehmen.

Die Correctionen für Deviation der Inclination der Magnet-Nadel, welche von der Richtung des Schiffsvordertheils abhängen, können berechnet werden nach der Formel:

Für alle Curse zwischen NO und SO, NW und SW

$$\operatorname{tang} \vartheta' = \frac{c \cos \zeta + N}{\sin \zeta\ (1-2 \sin D) + \sin C} \cdot \sin \zeta'$$

Für alle Curse in der Nähe von Nord und Süd

$$\operatorname{tang} \vartheta' = \frac{c \cos \zeta + N}{\cos \zeta + \sin B} \cos \zeta'$$

Wenn man die verschiedenen Coefficienten abgeleitet hat, so erfordern die an Bord eines Schiffes beobachteten Inclinationen die folgenden drei Correctionen:

1. für Indexfehler, 2. für Richtung des Schiffsvordertheils und endlich 3. für die Vertical-Kraft des Schiffes = $\triangle$

III. Total-Kraft.

Corrections-Tafeln für Deviationen in Total-Kraft, welche von der Richtung des Schiffsvordertheils abhängig sind, kann man sich nach der Formel

$$\Psi' = A'H\ (c \cos \zeta + N) \operatorname{cosec} \vartheta'$$

berechnen, wobei Ψ' die Total-Kraft und ϑ' die beobachtete Inclination für irgend ein gegebenes Azimut des Schiffsvorder-

theils bedeutet. Der Unterschied der verschiedenen berechneten Werthe von Ψ' und dem Mittel des Ganzen = Ψ^{o} ist die Correction.

Schwait man das Schiff, so kann das Mittel der beobachteten Werthe von Ψ' als der zuverlässigste Werth von Ψ^{o} angenommen werden, oder als die Total-Kraft, ehe die letzte Correction für die Verticalkraft des Schiffes angebracht worden ist.

Mit den Werthen von $\triangle$, welche von den Correctionen für Inclination genommen werden, und den Werthen von ϑ, welche schon aus den corrigirten Werthen von ϑ' abgeleitet worden sind, kann man die Total-Kraft berechnen nach der Formel

$$\Psi = (\Psi^{o} \sin \vartheta^{o} + \triangle \, H) \operatorname{cosec} \vartheta$$

Die Werthe von ϑ^{o} können genommen werden von jenem von N = tang ϑ^{o}.

IV. Graphische Methode zum Entwerfen von Deviations-Tafeln für alle drei magnetischen Elemente.

Im Zusammenhang mit einer Reihe magnetischer Beobachtungen an Bord eines Schiffes kann der Gebrauch graphischer Methoden zum Entwerfen von Deviations-Tafeln in zweifacher Hinsicht nur empfohlen werden, nämlich um die zweifelhaften Beobachtungen auszuscheiden und sodann um die auf die Berechnung zu verwendende Zeit zu ersparen.

Auf diese Weise kann die Deviation auf irgend einem dazwischen liegenden Azimut von der Curve abgelesen werden, wenn das Schiff auf acht oder sechszehn Azimute des Schiffsvordertheils geschwait und die Resultate mittels einer einfachen graphischen Darstellung niedergelegt worden sind.

In Verbindung mit der Declination ist eine nützliche graphische Methode, beschrieben in „Course of Instruction in Compasses" für active Unterlieutenants und veröffentlicht von der Admiralität. Die dort erwähnte verticale Linie muss jedoch in dem Falle der Inclination angenommen werden, als stelle sie den Werth von ϑ^{o} und im Falle der Totalkraft, als stelle sie den Werth von Ψ^{o} vor.

(Uebersetzt aus Manual of scientific enquiry, fifth Ed. p. 122 bis 124.)

---

7. Literatur zu Nautischen Vermessungen und Hydrographischen Aufnahmen.

1. Handbuch der nautischen Instrumente. Hydrographisches Amt der Admiralität. Ernst Siegfried Mittler & Sohn. Berlin 1882. Anhang: Gelegentliche Vermessungen Seite 384—424.
2. Practical Notes on Marine Surveying and Nautical Astronomy, by Captain R. C. Mayne, R. N., C. B. J. D. Potter. London 1874.
3. Hydrographical Surveying, a description of the means and methods employed in constructing Marine charts, by Captain W. J. L. Wharton, R. N. London, John Murray 1882.
4. Nautical Surveying, by Commander W. N. Jeffers. U. S. N. Van Nostard, New-York.

II. Einige Hülfstafeln und Reductionswerthe.

Zu den auf Seite 101—113 dieses Bandes zum Abdruck gebrachten Tafeln werden noch die hier folgenden hinzugefügt, wodurch den dringendsten Bedürfnissen des Reisenden Rechnung getragen sein dürfte.

Tafeln I—III bedürfen einer näheren Erklärung zum Verständnisse nicht.

Tafel IV. Diese Tafel ist innerhalb der Grenzen der Schwankungen des Luftdruckes am Meeresniveau alsdann mit Vortheil zu gebrauchen, wenn es sich um die Vergleichung abgelesener Barometerstände mit Luftdruck-Angaben handelt, die auf die Normal-Breite von 45° reducirt sind. Im Uebrigen ist auf der Tafel selbst Alles, was zu deren Verständnisse und Gebrauch erforderlich ist, angegeben. Siehe Seite 81 § 14 dieses Bandes.

Tafel V. Ueber die Anwendung dieser Tafel ist alles Erforderliche auf Seite 81 § 15 des Bandes I dieses Werkes enthalten. Auch die Bedeutung derselben für den Reisenden ist dort erörtert.

Tafel VI u. VII. Diese Tafeln dienen zur Berechnung der Spannkraft des Wasserdampfes in der Atmosphäre; es wird dieses Element mit σ bezeichnet; alles Uebrige ist auf den Tafeln selbst angegeben.

Zur Berechnung der relativen Feuchtigkeit aus dem für eine bestimmte Temperatur der Luft erhaltenen Werthe der Spannkraft des Wasserdampfes hat man aus Tafel VI 1. für diese Temperatur die Maximal-Spannkraft des Wasserdampfes auszunehmen; der Quotient $\frac{\sigma}{e_1}$ giebt die relative Feuchtigkeit, wenn mit 100 multiplicirt.

Beispiel: Temperatur der Luft (t') = $20^\circ.5$; Temperatur des feuchten Thermometers (t") = $15^\circ.6$; Luftdruck (b) = 748.0 mm.; t'—t" = $4^\circ.9$.

$e_2 = 2.99$ aus Tafel VI 2.; $e_1 = 13.19$ aus Tafel VI 1.;

$\sigma = e_1 - e_2 = 10.20$ mm. e_1 für $20^\circ.5$ ist gleich 17.94

Relative Feuchtigkeit (F) $= \frac{10.20}{17.94} \times 100 = 57^\circ.2\ \%$.

Temperatur der Luft (t') = $-5^\circ.5$; Temperatur des feuchten Thermometers (t") = $-6^\circ.6$; Luftdruck (b) = 736.0 mm.; t'—t" = $1^\circ.1$.

$e_2 = 0.56$ aus Tafel VI 2.; $e_1 = 2.75$ aus Tafel VI 1.;

$\sigma = e_1 - e_2 = 2.19$; e_1 für $-5^\circ.5$ ist gleich 3.00

Relative Feuchtigkeit (F) $= \frac{2.19}{3.00} \times 100 = 73\ \%$.

Diese Tafeln genügen für die Berechnung vorläufiger Werthe aus den Psychrometer-Beobachtungen; für strengere Durchführung der Berechnung bediene man sich der von Dr. J. Hann im Jahre 1884 herausgegebenen Tafeln in Jelinek's Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen nebst einer Sammlung von Hilfstafeln.

Es mögen hier noch einige Reductionswerthe, die häufiger vorkommen, angeführt werden.

Die Seemeile (Bogenminute des mittleren Erdumfanges, mittlere Bogenminute des Erdmeridians) = 1852 Meter = 6076 Engl. Fuss.

Die Russische Werst = 1066.78 Meter.

Die Deutsche Geogr. Meile = 7420.44 Meter.

Eine Kabellänge = 185.2 Meter.

Der Faden (Fathom) = 2 Yards = 6 Engl. Fuss = 1.8288 Meter; 1 Meter = 0.5468 Faden.

Zur Reduction der Werthe der magnetischen Intensität dienen die folgenden Constanten:

Gauss' Einheit (G. E.) $\times$ 0.1 = {Electrische Einheiten Centimeter-, Gramm- und Secunden-Einheit (C. G. S.)

Englische Einheit (E. E.) = $\frac{\text{G. E.}}{0.46108}$; log E. E. = log G. E. — 9.663776

(Siehe auch Seite 296 d. Bds.) log G. E. = log E. E. + 9.663776

Alte willkürliche Einheit (W. E.), wonach Londoner Intensität = 1.372 ist.

log (1000 $\times$ W. E.) + log 0.0034941 = log G. E.; 3.1373541 + 7.543335 = log Int. in London (G. E.)

I. Vergleichung der Thermometerskalen von Celsius und Fahrenheit.

C. = Celsius, F. = Fahrenheit.

F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
+104	+40.0	+75	+23.9	+46	+7.8	+17	—8.3	—12	—24.4
103	39.4	74	23.3	45	7.2	16	8.9	13	25.0
102	38.9	73	22.8	44	6.7	15	9.4	14	25.6
101	38.3	72	22.2	43	6.1	14	10.0	15	26.1
100	37.8	71	21.7	42	5.6	13	10.6	16	26.7
99	37.2	70	21.1	41	5.0	12	11.1	17	27.2
98	36.7	69	20.6	40	4.4	11	11.7	18	27.8
97	36.1	68	20.0	39	3.9	10	12.2	19	28.3
96	35.6	67	19.4	38	3.3	9	12.8	20	28.9
95	35.0	66	18.9	37	2.8	8	13.3	21	29.4
94	34.4	65	18.3	36	2.2	7	13.9	22	30.0
93	33.9	64	17.8	35	1.7	6	14.4	23	30.6
92	33.3	63	17.2	34	1.1	5	15.0	24	31.1
91	32.8	62	16.7	33	+0.6	4	15.6	25	31.7
90	32.2	61	16.1	32	0.0	3	16.1	26	32.2
89	31.7	60	15.6	31	—0.6	2	16.7	27	32.8
88	31.1	59	15.0	30	1.1	+1	17.2	28	33.3
87	30.6	58	14.4	29	1.7	0	17.8	29	33.9
86	30.0	57	13.9	28	2.2	—1	18.3	30	34.4
85	29.4	56	13.3	27	2.8	2	18.9	31	35.0
84	28.9	55	12.8	26	3.3	3	19.4	32	35.6
83	28.3	54	12.2	25	3.9	4	20.0	33	36.1
82	27.8	53	11.7	24	4.4	5	20.6	34	36.7
81	27.2	52	11.1	23	5.0	6	21.1	35	37.2
80	26.7	51	10.6	22	5.6	7	21.7	36	37.8
79	26.1	50	10.0	21	6.1	8	22.2	37	38.3
78	25.6	49	9.4	20	6.7	9	22.8	38	38.9
77	25.0	48	8.9	19	7.2	10	23.3	39	39.4
76	24.4	47	8.3	18	7.8	11	23.9	30	40.0

II. Verwandlung von Millimetern in englische Zoll und umgekehrt.

Milli-meter (m)	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll	Milli-meter	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll	Milli-meter	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll
690	27.166	27.186	721	28.386	28.406	752	29.607	29.627
691	27.205	27.225	722	28.426	28.445	753	29.646	29.666
692	27.245	27.264	723	28.465	28.485	754	29.686	29.705
693	27.284	27.304	724	28.504	28.524	755	29.725	29.745
694	27.323	27.343	725	28.544	28.564	756	29.764	29.784
695	27.363	27.382	726	28.583	28.603	757	29.804	29.823
696	27.402	27.422	727	28.623	28.642	758	29.843	29.863
697	27.441	27.461	728	28.662	28.682	759	29.882	29.902
698	27.481	27.500	729	28.701	28.721	760	29.922	29.941
699	27.520	27.540	730	28.741	28.760	761	29.961	29.981
700	27.560	27.579	731	28.780	28.800	762	30.001	30.020
701	27.599	27.619	732	28.819	28.839	763	30.040	30.060
702	27.638	27.658	733	28.859	28.878	764	30.079	30.099
703	27.678	27.697	734	28.898	28.918	765	30.119	30.138
704	27.717	27.737	735	28.938	28.957	766	30.158	30.178
705	27.756	27.776	736	28.977	28.997	767	30.197	30.217
706	27.796	27.815	737	29.016	29.036	768	30.237	30.256
707	27.835	27.855	738	29.056	29.075	769	30.276	30.296
908	27.875	27.894	739	29.095	29.115	770	30.316	30.335
709	27.914	27.934	740	29.134	29.154	771	30.355	30.375
710	27.953	27.973	741	29.174	29.193	772	30.394	30.414
711	27.993	28.012	742	29.213	29.233	773	30.434	30.453
712	28.032	28.052	743	29.252	29.272	774	30.473	30.493
713	28.071	28.091	744	29.292	29.312	775	30.512	30.532
714	28.111	28.130	745	29.331	29.351	776	30.552	30.571
715	28.150	28.170	746	29.371	29.390	777	30.591	30.611
716	28.189	28.209	747	29.410	29.430	778	30.630	30.650
717	28.229	28.249	748	29.449	29.469	779	30.670	30.690
718	28.268	28.288	749	29.489	29.508	780	30.709	30.729
719	28.308	28.327	750	29.528	29.548	781	30.749	30.768
720	28.347	28.367	751	29.567	29.587	782	30.788	30.808

(0.03937) m = Engl. Zoll.

III. Verwandlung von Englischen Fuss in Meter.

Engl. Fuss	Hunderter									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Tausender	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter
0	0.00	30.48	60.96	91.44	121.92	152.40	182.88	213.36	243.84	274.32
1000	304.79	335.27	365.76	396.23	426.71	457.19	487.67	518.15	548.63	579.11
2000	609.59	640.07	670.55	701.03	731.51	761.99	792.47	822.95	853.43	883.90
3000	914.38	944.86	975.34	1005.82	1036.30	1066.78	1097.26	1127.74	1158.22	1188.70
4000	1219.18	1249.66	1280.14	1310.62	1341.10	1371.58	1402.05	1432.53	1463.01	1493.49
5000	1523.97	1554.45	1584.93	1615.41	1645.89	1676.37	1706.85	1737.33	1767.81	1798.29
6000	1828.77	1859.25	1889.73	1920.21	1950.68	1981.16	2011.64	2042.12	2072.60	2103.08
7000	2133.56	2164.04	2194.52	2225.00	2255.48	2285.96	2316.44	2346.92	2377.40	2407.88
8000	2438.36	2468.84	2499.31	2529.79	2560.27	2590.75	2621.23	2651.71	2682.19	2712.67
9000	2743.15	2773.63	2804.11	2834.59	2865.07	2895.55	2926.03	2956.51	2986.99	3017.47

Engl. Fuss	Einer									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zehner	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter
0	0.00	0.30	0.61	0.91	1.22	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74
10	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.57	4.88	5.18	5.49	5.79
20	6.10	6.40	6.71	7.01	7.32	7.62	7.92	8.23	8.53	8.84
30	9.14	9.45	9.75	10.06	10.36	10.67	10.97	11.28	11.58	11.89
40	12.19	12.50	12.80	13.11	13.41	13.72	14.02	14.33	14.63	14.83
50	15.24	15.54	15.85	16.15	16.46	16.76	17.07	17.37	17.68	17.98
60	18.29	18.59	18.90	19.20	19.51	19.81	20.12	20.42	20.73	21.03
70	21.34	21.64	21.95	22.25	22.55	22.86	23.16	23.47	23.77	24.08
80	24.38	24.69	24.99	25.30	25.60	25.91	26.21	26.52	26.82	27.13
90	27.43	27.74	28.04	28.35	28.65	28.96	29.26	29.57	29.87	30.17

1 Englischer Fuss = 0.30479449 Meter (log. = 9.4840071).
1 Meter = 3.28089917 Engl. Fuss (log. = 0.5159929).
1 Statute Mile = 5280 Engl. Fuss = 1609.315 Meter.

IV. Schwere Correction für das metrische Barometer.

Correction auf die Normalbreite 45°: (0.00259 cos 2 φ × b).

b	790	780	770	760	750	740	730	720	710	700	b
φ −	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	φ +
0°	2.05	2.02	1.99	1.97	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.81	90
2	2.04	2.02	1.99	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.81	88
4	2.03	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	86
6	2.00	1.98	1.95	1.93	1.90	1.87	1.85	1.82	1.80	1.77	84
8	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.84	1.82	1.79	1.77	1.74	82
10	1.92	1.90	1.87	1.85	1.83	1.80	1.78	1.75	1.73	1.70	80
12	1.87	1.85	1.82	1.80	1.77	1.75	1.73	1.70	1.68	1.66	78
14	1.81	1.78	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.65	1.62	1.60	76
16	1.74	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.60	1.59	1.56	1.54	74
18	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	72
20	1.57	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	1.45	1.43	1.41	1.39	70
22	1.47	1.45	1.43	1.42	1.40	1.38	1.36	1.34	1.32	1.30	68
24	1.37	1.35	1.33	1.32	1.30	1.28	1.27	1.25	1.23	1.21	66
26	1.26	1.24	1.23	1.21	1.20	1.18	1.16	1.15	1.13	1.11	64
28	1.14	1.13	1.12	1.10	1.09	1.07	1.06	1.04	1.03	1.01	62
30	1.02	1.01	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	60
32	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	58
34	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	56
36	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.58	0.57	0.56	54
38	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	52
40	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	50
42	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	48
44	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	46

NB. Die Correction ist negativ für niedrigere Breiten als 45°, für höhere Breiten positiv.

V. Barometerstände für verschiedene Temperaturen des siedenden Wassers.

(Regnault's Tafel, verbessert von O. J. Broch.)

Siedepunkt.	·0	·1	·2	·3	·4	·5	·6	·7	·8	·9
Celsius.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
86	450.5	452.2	454.0	455.8	457.5	459.3	461.1	462.9	464.7	466.5
87	468.3	470.1	472.0	473.8	475.6	477.5	479.3	481.2	483.0	484.9
88	486.8	488.6	490.5	492.4	494.3	496.2	498.1	500.0	501.9	503.9
89	505.8	507.7	509.7	511.6	513.6	515.6	517.5	519.5	521.5	523.5
90	525.5	527.5	529.5	531.5	533.5	535.5	537.6	539.6	541.7	543.5
91	545.8	547.8	549.9	552.0	554.1	556.2	558.3	560.4	562.5	564.6
92	566.7	568.8	571.0	573.1	575.3	577.4	579.6	581.8	584.0	586.1
93	588.3	590.5	592.7	595.0	597.2	599.4	601.6	603.9	606.1	608.4
94	610.6	612.9	615.2	617.5	619.8	622.1	624.4	626.7	629.0	631.3
95	633.7	636.0	638.3	640.7	643.1	645.4	647.8	650.2	652.6	655.0
96	657.4	659.8	662.2	664.7	667.1	669.5	672.0	674.5	676.9	679.4
97	681.9	684.4	686.9	689.4	691.9	694.4	696.9	699.5	702.0	704.6
98	707.1	709.7	712.3	714.9	717.4	720.0	722.7	725.3	727.9	730.5
99	733.2	735.8	738.5	741.1	743.8	746.5	749.2	751.9	754.6	757.3
100	760.0	762.7	765.5	768.2	771.0	773.7	776.5	779.3	782.1	784.9

VI 1. Druck gesättigten Wasserdampfes in Millimetern.

Temperatur.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
°	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.
—14.0	1.51	1.49	1.47	1.44	1.42
—13.0	1.64	1.62	1.59	1.57	1.54
—12.0	1.78	1.75	1.73	1.70	1.67
—11.0	1.93	1.90	1.87	1.84	1.81
—10.0	2.09	2.06	2.03	2.00	1.97
—9.0	2.27	2.24	2.20	2.16	2.13
—8.0	2.46	2.42	2.38	2.35	2.31
—7.0	2.67	2.63	2.58	2.54	2.50
—6.0	2.89	2.84	2.80	2.75	2.71
—5.0	3.12	3.08	3.03	2.98	2.93
—4.0	3.37	3.32	3.27	3.22	3.17
—3.0	3.64	3.59	3.53	3.48	3.43
—2.0	3.93	3.87	3.81	3.75	3.70
—1.0	4.24	4.17	4.11	4.05	3.99
0.0 {	4.56	4.50	4.43	4.36	4.30
	4.56	4.63	4.70	4.76	4.83
1.0	4.90	4.97	5.05	5.12	5.19
2.0	5.27	5.34	5.42	5.50	5.57
3.0	5.65	5.73	5.81	5.90	5.98
4.0	6.06	6.15	6.24	6.32	6.41
5.0	6.50	6.59	6.68	6.78	6.87
6.0	6.97	7.07	7.16	7.26	7.36
7.0	7.46	7.57	7.67	7.77	7.88
8.0	7.99	8.10	8.21	8.32	8.43
9.0	8.55	8.67	8.78	8.90	9.02
10.0	9.15	9.27	9.39	9.52	9.64
11.0	9.77	9.90	10.03	10.17	10.30
12.0	10.44	10.58	10.72	10.86	11.00
13.0	11.15	11.29	11.44	11.59	11.74
14.0	11.90	12.05	12.21	12.37	12.53
15.0	12.69	12.85	13.02	13.19	13.36
16.0	13.53	13.70	13.88	14.05	14.23
17.0	14.42	14.60	14.78	14.97	15.16
18.0	15.35	15.55	15.74	15.94	16.14
19.0	16.35	16.55	16.76	16.97	17.18
20.0	17.39	17 61	17.83	18.05	18.27
21.0	18.50	18.73	18.96	19.19	19.43
22.0	19.66	19.91	20.15	20.70	20.65
23.0	20.90	21.15	21.41	21.67	21.93
24.0	22.20	22.46	22.74	23.01	23.29
25.0	23.57	23.85	24.13	24.42	24.71
26.0	25.01	25.30	25.60	25.91	26.22
27.0	26.53	26.84	27.15	27.47	27.80
28.0	28.12	28.46	28.78	29.13	29.47
29.0	29.81	29.15	30.50	30.86	31.21
30.0	31.58	31.94	32.31	32.68	33.05

VI 2.5 Tabelle zur Berechnung der Spannkraft des Wasserdampfes in der Atmosphäre aus Psychrometer-Beobachtungen.

$-0.0008\,(t'-t'')\,b = e_2$ — $-0.000691\,(t'-t'')\,b = e_2$

b.	t′ — t″										Wenn das feuchte Thermometer mit Eis bedeckt ist t′—t″		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	1.	2.	3.
400	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20	0.28	0.55	0.83
420	0.34	0.69	1.02	1.34	1.68	2.02	2.35	2.69	3.02	3.36	0.29	0.58	0.87
440	0.35	0.70	1.06	1.41	1.76	2.11	2.46	2.82	3.17	3.52	0.30	0.60	0.91
460	0.37	0.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.57	2.94	3.31	3.68	0.32	0.63	0.95
480	0.38	0.77	1.15	1.53	1.92	2.30	2.69	3.07	3.46	3.84	0.33	0.66	0.99
500	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	0.35	0.69	1.04
520	0.42	0.84	1.25	1.66	2.08	2.50	2.93	3.33	3.74	4.16	0.36	0.72	1.08
540	0.43	0.87	1.30	1.73	2.16	2.59	3.05	3.46	3.89	4.32	0.37	0.75	1.12
560	0.45	0.90	1.34	1.79	2.23	2.69	3.14	3.58	4.03	4.48	0.39	0.77	1.16
580	0.46	0.93	1.39	1.86	2.32	2.78	3.25	3.71	4.18	4.64	0.40	0.80	1.20
600	0.48	0.96	1.44	1.92	2.40	2.88	3.36	3.84	4.32	4.80	0.41	0.83	1.24
620	0.50	0.99	1.49	1.98	2.48	2.98	3.47	3.97	4.46	4.96	0.43	0.86	1.28
640	0.51	1.02	1.54	2.05	2.56	3.07	3.58	4.10	4.61	5.12	0.44	0.88	1.33
660	0.53	1.06	1.58	2.11	2.64	3.17	3.70	4.22	4.75	5.28	0.46	0.91	1.37
680	0.54	1.09	1.63	2.18	2.72	3.26	3.81	4.35	4.90	5.44	0.47	0.94	1.41
700	0.56	1.12	1.68	2.24	2.80	3.36	3.92	4.48	5.04	5.60	0.48	0.97	1.45
720	0.58	1.15	1.73	2.30	2.88	3.46	4.03	4.61	5.18	5.76	0.50	1.00	1.49
740	0.59	1.18	1.78	2.37	2.96	3.55	4.14	4.74	5.33	5.92	0.51	1.02	1.53
760	0.61	1.21	1.83	2.44	3.04	3.65	4.26	4.87	5.48	6.08	0.53	1.05	1.57
780	0.63	1.24	1.89	2.51	3.12	3.75	4.37	5.00	5.63	6.24	0.54	1.08	1.62

$\sigma = e_1 - e_2$, wobei e_1 aus Tabelle 1 genommen wird.

VII. Längen- (Zeit-) Unterschiede einiger wichtigen Orte gegen Greenwich.

Name der Orte.	Unterschied in						Character
	Bogen			Zeit			ob östlich oder westlich + —
	°	′	″	h	m	s	
Berlin	13	23	44	0	53	34.9	östlich (+)
Wien	16	20	22	1	5	21.5	östlich (+)
Paris	2	20	15	0	9	21.0	östlich (+)
St. Petersburg	30	18	22	2	1	13.5	östlich (+)
Washington	77	3	1	5	8	12.1	westlich (—)
Hamburg	9	58	26	0	39	53.8	östlich (+)
Pola	13	50	48	0	55	23.2	östlich (+)
Wilhelmshaven	8	8	48	0	32	35.2	östlich (+)
San Fernando	6	12	19	0	24	49.3	westlich (—)
Ferro	17	39	51	1	10	39.4	westlich (—)

Wechsel des Datum: Beim Ueberschreiten des 180 Längengrades vom ersten Meridian (Greenwich) hat man nach Osten reisend (von Westen kommend) denselben Tag zweimal zu schreiben, von Osten kommend (nach Westen reisend) einen Tag zu überschlagen. (S. 2 d. Bds.)

Inhalt zum Anhang.

I. Einige Ergänzungen.

II. Einige Hülfstafeln und Reductionswerthe.

Sach- und Namenregister.

Nachweis literarischer Hülfsmittel.

Druckfehler und Ergänzungen.

Seite	25	Zeile	4 v. o.	soll	heissen	54.5	anstatt	24.5.
„	„	„	5 v. o.	„	„	6.3	„	36.3.
„	„	„	7 v. o.	„	„	28.3	„	58.3.
„	„	„	8 v. o.	„	„	6.•3	„	36.•3.
„	40	„	2 v. u.	„	„	Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung	anstatt	astronomische Zeit- etc.
„	42	„	19 v. o.	„	„	einen	anstatt	einem.
„	46	„	19 v. o.	„	„	Weges	„	Wagens.
„	68	„	19 v. o.	„	„	dieselben	„	denselben.
„	93	„	1 v. o.	„	„	lybische	„	libysche.
„	94	„	15 v. u.	„	„	IV	„	V.
„	96	„	17 v. o.	„	„	Buchan's	„	Bruchan's.
„	180	„	18 v. o.	„	„	Zerreissungen	„	Zerreisungen.
„	187	„	15 v. u.	„	„	fortdauernd	„	fortdauert.
„	248	„	18 v. o.	„	„	Schutthalden	„	Schutthalten.
„	276	„	6 v. u.	„	„	S. 128	„	S. 129, 130.
„	321	„	13 v. o.	„	„	0^0	„	0_0.
„	329	„	6 v. o.	„	„	durch verschiedene Personen	anstatt	durch Personen.
„	330	„	3 v. u.	„	„	derselbe	anstatt	dasselbe.
„	331	„	6 v. u.	„	„	wieder dem	anstatt	wieder mit dem.
„	336	„	4 v. o.	fehlt (a).				
„	343	„	13 v. o.	ist einzuschalten: Die Differenz $\varepsilon - e$ heisst das Sättigungsdeficit.				
„	354	„	16 v. u.	soll	heissen	umfassender meteorologischer	anstatt	umfassenden meteorologischen.
„	396	„	7 v. o.	soll	heissen	steigen	anstatt	zeigen.
„	396	„	10 v. o.	„	„	immerhin	„	immerin.
„	416	„	11 v. o.	„	„	$+\left(\lambda \cos\frac{\varphi+\varphi_1}{2}\right)^2$	anstatt	$+\lambda \cos\left(\frac{\varphi+\varphi_1}{2}\right)^2$.
„	436	„	4 v. u.	„	„	umgekehrte	statt	umgehehrte.
„	444	„	19 v. u.	„liegt" fällt weg.				
„	444	„	18 v. u.	soll	heissen	Beechey	anstatt	Becchey.
„	460	„	11 v. o.	„	„	bequem ist, weil	anstatt	bequem, ist weil.
„	465	„	13 v. u.	„	„	$-\frac{1}{2}h_0 + \frac{1}{2}p_1$	anstatt	$-h_0 + p_1$
„	470	„	12 v. u.	„	„	den Abtrag	anstatt	das Abtragen.
„	477	„	5 v. u.	„	„	vom Wasser	„	dem Wasser.

Seite	Zeile		
Seite 478	Zeile 1 v. o.	soll heissen	der geringsten Verminderung der Geschwindigkeit anstatt der geringsten Geschwindigkeit.
„ 479	„ 1 v. u.	“un-“ fällt weg.	
„ 482	„ 16 v. u.	soll heissen	oder minder anstatt odermin der.
„ 484	„ 7 v. o.	„ „	Vortheil mehr anstatt Vortheil die mehr.
„ 495	„ 16 v. u.	„ „	Meeresstriche anstatt Meeresstrische.
„ 504	„ 3 v. u.	„ „	$\frac{\pi p}{l}$ anstatt $\frac{\pi p}{\lambda}$
„ 564	„ 9 v. o.	„ „	herannahenden anstatt herrannahenden.
„ 579	„ 8 v. o.	„ „	ist anstatt sind.
„ 580	„ 12 v. u.	„ „	Heideland anstatt Haideland.
„ 587	„ 15 v. o.	„ „	Förderung der Kenntniss der Vertheilung etc. anstatt Förderung der Vertheilung etc.
„ 599	„ 18 v. o.	„ „	an Land anstatt an Bord.
„ 600	„ 15 v. u.	„mehr“ fällt weg.	
„ 604	„ 7 v. o.	soll heissen	andere der Nadeln in dem anstatt andere der in dem.

Druck von C. H. Schulze & Co. in Gräfenhainichen.



